

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

**Ověření tržního rizika s použitím delta-normal metody**

A market risk verification by implementing the delta-normal method

Student: Viliam Gajdoš

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Ostrava 2008

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

ve smyslu § 17, odst. f, zákona č. 111/98 Sb. a Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, čl. 23 až 26

Jméno diplomanta: **Viliam Gajdoš**

Studijní obor: **Finance**

Název tématu:

**Ověření tržního rizika s použitím delta-normal metody**

Anglický název tématu:

**A market risk verification by implementing the delta-normal method**

**Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í ( o s n o v a ):**

Úvod

1. Řízení a charakteristika tržního rizika
2. Popis delta-normal metody
3. Aplikace a ověření delta-normal metody na portfoliu aktiv

Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Přílohy

Rozsah průvodní zprávy: 50 – 60 stran

Rozsah příloh: podle potřeby

Seznam odborné literatury:

HOLTON, G., A. *Value-at-Risk: Theory and Practice*. San Diego: Academic Press, 2003. 405 s. ISBN 0-12-354010-0.

JORION, P. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York: McGraw-Hill, 2001. 544 s. ISBN 0-07-135502-2.

ZMEŠKAL, Z. a kolektiv. *Finanční modely*, 2. vydání. Praha: Ekopress, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4.

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Datum zadání diplomové práce: 20. listopadu 2007

Datum odevzdání diplomové práce: 25. dubna 2008

.....  
diplomant

.....  
vedoucí DP

L. S.

.....  
vedoucí katedry

.....  
děkan

V Ostravě dne 20. 11. 2007

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou práci včetně všech příloh vypracoval samostatně.“

V Ostravě dne 25. dubna 2008

.....  
Jméno a příjmení studenta

Ďakujem prof. Dr. Ing. Zdeňkovi Zmeškalovi za jeho cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

## OBSAH

ÚVOD .....	1
1 RIADENIE A CHARAKTERISTIKA TRHOVÉHO RIZIKA .....	2
1.1 Charakteristika rizika .....	2
1.2 Kategorizácia trhového rizika .....	3
1.3 Trhy a ich produkty .....	4
1.3.1 Akciové trhy .....	4
1.3.2 Úrokové trhy .....	6
1.3.3 Menové trhy .....	8
1.3.4 Komoditné trhy .....	9
1.3.5 Derivátové trhy .....	10
1.4 Vlastnosti portfólií .....	14
1.5 Popis miery rizika metodológiou Value at Risk .....	17
1.5.1 Definícia Value at Risk .....	17
1.5.2 Stanovenie horizontu držby portfólia, historického obdobia a úrovne .....	18
pravdepodobnosti .....	18
1.5.3 Metódy Value at Risk .....	18
1.5.3.1 Delta-normal metóda .....	19
1.5.3.2 Metóda historickej simulácie .....	19
1.5.3.3 Metóda Monte Carlo simulácie .....	20
1.5.3.4 Porovnanie metód .....	20
2 POPIS DELTA-NORMAL METÓDY .....	22
2.1 Zber vstupných dát .....	23
2.2 Odhad rozptylu, kovariančnej a korelačnej matice .....	24
2.2.1 Nepodmienený odhad .....	25
2.2.2 EWMA metóda .....	28
2.2.3 Nepodmienený odhad vs. EWMA model .....	29
2.3 Mapovanie rizika .....	33
2.4 Boot Strapping metóda .....	36
2.5 Doplnkové formy odhadu Value at Risk .....	38
3 APLIKÁCIA A OVERENIE DELTA-NORMAL METÓDY NA PORTFÓLIU AKTÍV ..	40
3.1 Vstupné dáta zahraničných mien, akciových titulov a komodít .....	41
3.2 Stanovenie vstupných parametrov rizikových faktorov .....	45
3.3 Odhad kovariančnej matice .....	49
3.4 Aplikácia cash flow mapovania .....	50
3.5 Prepočet čiastkových zložiek VaR .....	52
3.6 Overenie a zhodnotenie Value at Risk portfólia .....	53
3.7 Rozdelenie pravdepodobnosti potenciálnych ziskov a strát portfólia .....	55
3.8 Návrh na odhad prírastkovej VaR .....	56
3.9 Záverečné zhrnutie .....	58
ZÁVER .....	59
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....	60
ZOZNAM SKRATIEK .....	62
ZOZNAM OBRÁZKOV .....	63
ZOZNAM TABULIEK .....	64
PROHLÁSENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	65
ZOZNAM PRÍLOH .....	66

## ÚVOD

Súčasný globalizujúci sa svet nám prináša popri nesporných pozitívach i niekoľko nevýhod. Dominuje mu predovšetkým rýchlosť, ktorá vytvára riziko nečakaných zmien. Je preto na mieste uvažovať o zmiernení ich dôsledkov. Ochranu (hedging) pred znehodnotením vlastníctva zabezpečuje nákup vhodných finančných inštrumentov. Ich použitie však prináša pre spoločnosti určité náklady. Z tohto dôvodu je v ich záujme odhadnúť výšku rizika a zvážiť, či je natoľko veľké, aby bolo efektívne zaistiť ho. Jednu z možností odhadu rizika nám poskytuje metodológia Value at Risk, ktorá sa stala za uplynulé obdobie štandardným nástrojom riadenia rizík. Value at Risk môžeme definovať ako potenciálnu stratu hodnoty portfólia (kvantitatívna zložka) s určitou pravdepodobnosťou (kvalitatívna zložka), ktorú môže portfólio zaznamenať za určité časové obdobie.

Cieľom predkladanej práce je stanoviť a overiť hodnotu rizika komplexného trhového portfólia zloženého z menových, akciových, komoditných, úrokových a lineárnych derivátových inštrumentov pomocou delta-normal metódy s časovým horizontom jedného dňa na 95 %-nej hladine pravdepodobnosti vyjadrenú v slovenských korunách.

Teoretická časť je rozdelená do dvoch samostatných kapitol. Predmetom prvej kapitoly je charakteristika trhového rizika a jeho riadenia prostredníctvom metodológie Value at Risk. V druhej kapitole je popísaný a vysvetlený postup výpočtu hodnoty v riziku delta-normal metódou. Úlohou teoretickej časti je popísať metodiku aplikovanú v praktickej časti.

Aplikačná časť komplexne hodnotí Value at Risk portfólia zloženého z vybraných zahraničných mien, akciových titulov, drahých kovov, obligácií a lineárnych derivátov. Následne je podrobená citlivostnej analýze pomocou odhadu čiastkovej VaR, hraničnej VaR a prírastkovej VaR.

# 1 RIADENIE A CHARAKTERISTIKA TRHOVÉHO RIZIKA

## 1.1 Charakteristika rizika

Pôvod slova riziko môžeme nájsť v latinčine (discrimen), francúzštine (risque) ako aj taliančine (risco). Finančná teória definuje riziko ako disperziu neočakávaných výskytov, ktoré môžu byť pozitívne i negatívne odchýlené (pre porovnanie poisťovníctvo sa zaoberá iba negatívnou odchýlkou a v takom prípade ide o tzv. čisté riziko). Riziko je najlepšie merané pravdepodobnostnými funkciami a to pomocou smerodajnej (reziduálnej) odchýlky nazývanej tiež volatilita. Zatiaľ čo očakávaná hodnota výnosu nás informuje o tom, čo pravdepodobne nastane, riziko nás informuje o tom, s akou pravdepodobnosťou práve to, čo očakávame, nenastane. Rizikom investície budeme chápať kolísanie jej hodnoty v čase.

Riziko obecné rozlišujeme na špecifické (jedinečné) a systematické (faktorové, trhové, obecné). Systematické riziká sú na rozdiel od špecifických rizík určené makroekonomickými podmienkami. Sú spojené s ekonomikou ako celkom. Existujú názory, že globalizácia zvyšuje systematické riziko, napríklad kríza jednej banky spôsobí reťazovú reakciu. Iní tvrdia, že riziko sa globalizáciou znižuje, pretože dochádza k zvýšenej konkurencii, čo zaručuje, že na trhu pôsobia racionálni hráči. Tento myšlienkový prúd sa domnieva, že problémy na trhu spôsobujú iba jednotlivci. Systematické riziká je možné eliminovať hedgingom. Špecifické riziká sa naopak vzťahujú k emitentom a súvisia so zhoršením či zlepšením ich finančnej situácie. Podľa teórie CAPM (Capital Asset Pricing Model) je možné špecifické riziká úplne diverzifikovať, sú odstrániteľné vytvorením portfólií s väčším počtom aktív.

Finančné riziká delíme na:

- **trhové riziko** (market risk),
- **kreditné riziko** (credit risk),
- **riziko likvidity** (liquidity risk),
- **operačné riziko** (operational risk),
- **právne riziko** (law risk).



## 1.2 Kategorizácia trhového rizika

Trhové riziko predstavuje riziko straty z pohybov (volatility) trhových cien teda zmien hodnôt finančných či komoditných nástrojov v dôsledku nepriaznivých zmien trhových podmienok. Definujeme štyri základné kategórie trhového rizika:

- **akciové riziko** (equity risk), ktoré je riziko straty zo zmien cien nástrojov citlivých na ceny akcií,
- **úrokové riziko** (interest rate risk), ktoré je riziko straty zo zmien cien nástrojov citlivých na úrokové miery,
- **menové riziko** (currency risk, foreign Exchange risk, FX risk), ktoré je riziko straty zo zmien cien nástrojov citlivých na menové kurzy,
- **komoditné riziko** (commodity risk), ktoré je riziko straty zo zmien cien nástrojov citlivých na ceny komodít.

V rámci menového rizika, ktoré predstavuje premenlivosť hodnoty aktív vyjadrených v domácej mene spôsobenú neočakávanými zmenami menového kurzu rozlíšujeme i tzv. menovú expozíciu definujúcu, ktoré položky a v akom objeme sú vystavené menovému riziku. Menová expozícia teda vyjadruje množstvo rizika. Pri riadení menového rizika rozlišujeme tieto pozície. Dlhú otvorenú pozíciu, kde *aktíva* > *pasíva* (ak zahraničná mena oslabí, subjekt v korunovom vyjadrení stratí, klesne hodnota bohatstva), krátku pozíciu, kde *aktíva* < *pasíva* (ak zahraničná mena oslabí, subjekt v korunovom vyjadrení získa, klesne hodnota dlhu) a uzatvorenú pozíciu, kde *aktíva* = *pasíva* (pri zmene zahraničnej meny nevzniká žiadne riziko).

Vyššie uvedené štyri kategórie trhového rizika je možné zobrať na:

- **delta riziko** (delta risk) či riziko absolútnej ceny (absolute price risk) ako lineárna zmena hodnoty portfólia pri zmene hodnoty podkladového nástroja. Toto riziko tvorí akciové, komoditné a menové riziko,
- **gamma riziko** (gamma risk) či riziko konvexity (convexity risk) ako odchýlka zmeny hodnoty portfólia od lineárnej zmeny hodnoty portfólia pri zmene hodnoty podkladového nástroja. Toto riziko existuje u nelineárnych portfólií,

- **vega riziko** (vega risk) či riziko volatility (volatility risk) ako zmena hodnoty portfólia pri zmene očakávanej volatility hodnoty podkladového nástroja,
- **théta riziko** (théta risk) či riziko času (decay risk) ako zmena hodnoty portfólia pri plynutí času,
- **rho riziko** (rho risk) či úrokové riziko (interest rate risk) ako zmena hodnoty portfólia pri zmene úrokovej miery používanej pre diskontovanie budúcich peňažných tokov.

### 1.3 Trhy a ich produkty

Trh obecné považujeme za kanál, ktorým sa realizujú peňažné toky. Predstavuje miesto, kde sa stretáva dopyt a ponuka. V rámci finančných trhov sme spomedzi viacerých členení vybrali ich rozdelenie na akciové, úrokové, menové, komoditné a derivátové trhy.

#### 1.3.1 Akciové trhy

Akciové trhy sú trhy s nástrojmi s teoreticky nekonečnou splatnosťou. Akcie existujú tak dlho, pokiaľ nedôjde k zániku akciovej spoločnosti likvidáciou, konkurzom, vyrovnaním, rozdelením alebo zlúčením s inou spoločnosťou. Začiatok obchodovania s akciami by sme našli v roku 1785 v Amsterdame. K skutočnému rozkvetu popularity akciového trhu došlo v dvadsiatych rokoch minulého storočia, no zvrútenie burzy v roku 1929 zahájilo tzv. veľkú hospodársku krízu. Akciové trhy zaznamenávajú menší podiel než trh obligácií, sú menej likvidné než trhy s obligáciami a vyznačujú sa vyššou rizikovosťou. Rozvíjajú sa predovšetkým domáce akciové trhy, pretože na zahraničných trhoch vzniká i menové riziko. Na medzinárodné akciové trhy umiestňujú investori svoje peňažné prostriedky predovšetkým z dôvodu výhodnosti diverzifikácie, ktorá je často charakterizovaná zápornými koreláciami medzi jednotlivými krajinami. S akciami najväčších spoločností sa najčastejšie obchoduje na hlavnom trhu. Väčšinou sa ale s akciami obchoduje na voľnom trhu. Najlikvidnejšie akcie sú obchodované na tzv. SPAD trhu. Okrem burzového systému existujú aj mimoburzové trhy. V ČR je to RM-systém, v ktorom sa obchoduje cez prepášku (over the counter, OTC). Za obchodovanie cez prepášku je myslené obchodovanie cez prepášku bánk a pôšt. Na tomto trhu obchodujú predovšetkým menšie akciové spoločnosti.

**Akcie** sú majetkové cenné papiere. Ich výnos je tvorený spravidla dvoma zložkami – kapitálovým výnosom (ide o rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou akcie) a príjmom z dividend. Nominálna hodnota akcií predstavuje podiel na majetku akciovej spoločnosti vyplývajúci z vlastníctva akcie, je uvedená na akcii. Súčet nominálnych hodnôt všetkých akcií je rovný výške základného imania. Emisný kurz akcie je peňažná čiastka, za ktorú emitent vydáva akciu. Môže byť nižší než nominálna hodnota s výnimkou zamestnaneckých akcií. Spravidla je však emisný kurz vyšší a tento rozdiel sa označuje ako emisné ážio, ktoré slúži k vytvoreniu rezervného fondu pri vzniku akciovej spoločnosti. Ak sú očakávané dividendy vysoké a dôvera v zakladateľa veľká, budú záujemcovia ochotní upisovať vysoko nad pari. Trhová cena akcie vyjadruje cenu, za ktorú je možné akciu prediť alebo kúpiť na verejnom trhu. Dividenda predstavuje podiel na zisku spoločnosti vyplývajúci z vlastníctva akcie. Výplata dividend nie je väčšinou vopred zaručená. Dokonca aj keď je spoločnosť zisková, management môže navrhnúť zadržanie zisku za účelom tvorby fondov pre budúce investície. Výplata môže mať formu peňažnej, akciovej alebo majetkovej dividendy. V súvislosti s oceňovaním akcií existujú analýzy, ktorých účelom je odhadnúť budúci trend cien akcií. Rozlišujeme tieto analýzy.

**Fundamentálnej analýza**, u ktorej sa predpokladá, že každá akcia má v danom okamžiku určitú vnútornú hodnotu. Predmetom skúmania fundamentálnej analýzy je hľadanie podhodnotených cenných papierov k nákupu a hľadanie nadhodnotených cenných papierov k predaju, pričom analýza hľadá významné faktory, ktoré môžu podstatne ovplyvňovať vnútornú hodnotu akcie. Zameriava sa na odhad všetkých faktorov, ktoré môžu mať v budúcnosti vplyv na vývoj kurzov akcií. Jedná sa predovšetkým o odhad celkového vývoja ekonomiky, odvetvia a konkrétnej spoločnosti. Tieto modely sú založené na fundamentálnych dátach ako sú zisky, tržby, očakávaný rast zisku a dividend, finančná analýza a podobne. Kurzy akcií sú podľa fundamentalistov determinované očakávanou ekonomickou pozíciou firmy.

**Psychologická analýza**, u ktorej sa predpokladá, že kurzy sú v krátkom období silno ovplyvnené psychologickými faktormi. Predmetom skúmania nie je samotný kurz akcií, ale správanie sa investorov. Odporúča sa „plaviť proti prúdu“, a tak oklamať kolobeh striedania cenových vzostupov a pádov.

**Technická analýza**, u ktorej sa predpokladá, že kurzy akcií sa pohybujú v trendoch (bull, bear..) a sú determinované vzťahom medzi ponukou a dopytom. Predmetom analýzy sú časové rady trhových cien, objemov obchodov a rôznych indexov. Technický analytik sa domnieva, že iba trhové dáta sú relevantné pre úspešnú obchodnú stratégiu a snaží sa rozpoznať v pohybe kurzu určitý tvar (formáciu), podľa ktorej časuje nákup a predaj ľubovoľného cenného papiera. Používa pritom grafické metódy a technické indikátory. Za zakladateľa technickej analýzy je obecné považovaný Charles H. Dow.

**Akciový index** môžeme definovať ako ukazovateľ vývoja kurzov akcií príslušného akciového trhu alebo iba určitého odvetvia. Akcie sú do indexu vybrané podľa vopred stanoveného kľúča, ktorým je prevažne trhovú kapitalizácia akcií, niekedy aj základné imanie obchodovanej spoločnosti. Niektoré spoločnosti v indexe obsiahnuté úplne zmiznú z trhu, niektoré sa zlúčia, čo má za následok zmenu trhovej kapitalizácie a teda zmenu váh v indexe. Celosvetovo najznámejším a snáď aj najstarším akciovým indexom je americký Dow Jones Industrial Average, ktorý zahŕňa vybraných tridsať najlepších akciových titulov z priemyslového odvetvia americkej ekonomiky. Vývoj akciových indexov je v dlhodobom výhľade spravidla rastový, čo súvisí s rastúcou výkonnosťou ekonomík a celkovej životnej úrovne. Výnimkou je ale napríklad japonský index NIKKEI 225 odrážajúci už desať rokov trvajúcu hospodársku krízu v Japonsku. Krátkodobo kolíšu akciové indexy prevažne v pravidelných intervaloch podľa toho, v akej fáze hospodárskeho cyklu sa príslušná ekonomika či odbor nachádza. Pre drobného investora majú akciové indexy jednu podstatnú výhodu. Investíciou do nich akoby investor nakúpil všetky akcie, ktoré daný index nakupuje a nemusí pritom o jednotlivých tituloch nič vedieť. V indexoch sú väčšinou zastúpené najväčšie, najlikvidnejšie a najprestížnejšie spoločnosti, ktoré sú na burze obchodované, tzv. blue chips. V závislosti na tom, ako sa vyvíjajú kurzy akcií, ktoré sú v indexe obsiahnuté, sa vyvíja taktiež hodnota samotného indexu. Výhodou investovania do indexov je skutočnosť, že netreba analyzovať jednotlivé akciové tituly na trhu a investícia obecné znižuje riziko.

### 1.3.2 Úrokové trhy

Úrokové trhy predstavujú trhy s úvermi a pôžičkami a trhy s dlhovými cennými papiermi. Tieto nástroje majú obmedzenú splatnosť (s výnimkou dlhopisov s nekonečnou splatnosťou, tzv. perpetuit). S dlhopismi sa často obchoduje priamo medzi dvoma protistranami. Na rozdiel od klasických úverov je s dlhopismi možné obchodovať na sekundárnych trhoch cenných

papierov, v ČR napríklad na BCPB alebo v RM-systéme. Pre drobného investora bude v prevažnej väčšine prípadov výhodnejšia investícia do podielových listov dlhopisového fondu než zostavovanie vlastného dlhopisového portfólia. Pri nespore nižšej investícii a poplatkoch možno dosiahnuť väčšiu diverzifikáciu a lepšiu likviditu. V prípade nervozity na finančných trhoch rastie trh obligácií, keďže investori sťahujú rizikové aktíva do menej rizikových.

**Obligácie** (dlhopisy, bondy, z lat. obligare = zaviazať) predstavujú veľmi rozšírený druh cenných papierov. Emitent obligácie (štát, banka, firma) je dlžník a držiteľ obligácie (investor) je veriteľ. Emitent väčšinou vydáva obligácie s cieľom získať dlhodobé finančné prostriedky. Obligácie sa radia medzi vysoko bezpečné finančné investície, no tejto výsade zodpovedá ich relatívne nižší výnos. Hovorí sa: „Kto chce dobre spať, má kupovať obligácie a kto chce dobre jesť, má kupovať akcie“. Nominálna cena obligácie je hodnota uvedená na obligácii. Za cenu zhodnú s jej nominálnou hodnotou sa obligácie predávajú spravidla len na začiatku emisie. Niekedy sa však môžu hneď pri emisii predávať obligácie za cenu vyššiu (s tzv. áziom) alebo i nižšiu (s tzv. disáziom alebo diskontom), než je nominálna hodnota obligácie. V prípade, že sa cena, za ktorú sa predávajú obligácie pri emisii, líši od nominálnej hodnoty obligácie, hovoríme o takzvanom emisnom kurze. Kurzy obligácií sa niekedy uvádzajú očistené od úroku nabiehajúceho od poslednej výplaty úroku k danému dňu. Tieto kurzy sa označujú ako kurzy netto. Kurz brutto je potom skutočná cena, ktorú musí investor zaplatiť. Vyhodnotenie obligácie musí vždy vychádzať z kurzu brutto. Výšku kurzov významne ovplyvňuje inflácia. Čím je tempo inflácie vyššie, tým väčší je tlak na pokles kurzov obligácií. Cválajúca inflácia môže viesť k totálnemu zrúteniu trhu obligácií. Trhová cena obligácie je cena ohodnotená na sekundárnom trhu a utvára sa čisto v závislosti na dopyte a ponuke. Vždy rastie do okamžiku výplaty úroku (alebo splátky), potom prudko klesá a zase rastie až do okamžiku ďalšej výplaty. Čím bližšie k výplatnému termínu obligáciu kúpime, tým vyššie je ročné bežné výnosové percento, ktorého dosahujeme. Preto sú investori ochotní platiť za obligáciu tým viac, čím viac sa blíži výplatný termín. Ak zistí investor každodenným pozorovaním, že bežné výnosové percento obligácie nekleslo (dokonca sa zvýšilo), zatiaľ čo pri ostatných obligáciách stále klesá (cena obligácie teda neklesá tak rýchlo ako cena ostatných obligácií) a nie je známe, že by hrozil bankrot firmy či riziko nesplatenia splátok, potom to môže znamenať, že obligácia je na trhu práve podhodnotená. To je signál, aby investor obligáciu kúpil. Medzi najpoužívanejšie patria tieto druhy obligácií.

**Obligácia s nulovým kupónom** (zero-coupon bond) sa po prvý raz objavila v roku 1981 v USA. Nevypláca žiadny kupón a hotovostný tok sa realizuje až v okamžiku splatnosti. Tieto obligácie sú emitované prevažne z daňových dôvodov, keďže investor nemusí platiť zrážkovú daň na kupóny, pretože tie sa v tomto prípade nevyplácajú. Zero-coupon bond sa predáva s diskontom za cenu pod nominálnu hodnotu (pod pari). Pri dobe splatnosti menšej než jeden rok sa v prípade bez kupónových obligáciách hovorí o tzv. pokladničných poukážkach.

**Obligácia s fixným výnosom** (plain vanilla bond) je najčastejšia forma emisie. Držiteľ takejto obligácie inkasuje pravidelný pevný kupón na vopred stanovenú dobu v pravidelných periódach najčastejšie ročných resp. polročných. Pri dospelosti obligácie (k dátumu jej splatnosti, maturity day) dochádza vedľa splatenia posledného kupónu taktiež k jednorazovej splátke istiny. Držba tohto typu obligácie je výhodná pre investora predovšetkým v neinflačných podmienkach. Pre emitenta je naopak výhodná v inflačných podmienkach. Z tohto dôvodu sa emitenti často poisťujú hneď v okamžiku emisie tým, že si v texte obligácie vyhradzuje právo zmeny pôvodných podmienok úročenia obligácie. Ku zmene podmienok zvýhodňujúcich majiteľa obligácie (napr. zvýšenie úrokovej sadzby) motivuje emitentov konkurenčné prostredie. Keby totiž emitent podmienky pri inflácii nezmenil, stratil by dôveru investorov.

**Obligácia s variabilným kupónom** (floating-rate note, FRN) viaže kupónovú sadzbu na vývoj vybranej veličiny, napríklad úrokovej sadzby, cenového indexu a podobne. Motívom investovania je teda podiel na eventuálnom raste úrokových sadzieb a súčasne pokles úrokových sadzieb predstavuje potenciálnu stratu.

### 1.3.3 Menové trhy

Menový trh predstavuje trh peňažných prostriedkov v rôznych menách a investície na ostatných trhoch, pokiaľ nástroje na nich používané sú v cudzích menách. Menový trh (Forex) predstavuje najväčší finančný trh na svete. Výška denných obrátov v poslednej dobe prekračuje 1,9 miliardy USD, čo je tri krát viac než obraty na americkom trhu s akciami a dlhopismi dohromady. Forex je mimoburzový trh (OTC trh). Obchodovanie na ňom je založené na dôvere, keďže tento trh nie je regulovaný. Znamená to, že menový trh je určený predovšetkým pre veľké finančné inštitúcie, ktoré sú schopné plniť dohody so svojimi partnermi. Vzhľadom k tomu, že menový trh nemá fyzicky žiadne sídlo, môže fungovať

24 hodín denne 5 dní v týždni. Svojím rozsahom zahŕňa väčšinu krajín sveta. K najväčším centráм menových transakcií patrí Londýn, New York a Tokio. Najviac obchodované meny na medzibankovom devízovom trhu (Interbank market) sú USD, EUR, JPY, GBP a CHF. Typy transakcií na devízových trhoch členíme na promptné transakcie (spot), termínové transakcie (forward) a swapové transakcie. Posledné dve uvedené dominujú trhu. Ak trh valút preberie vedúcu úlohu, je to signál budúcej krízy (napríklad Argentína v rokoch 2001-2002, pokles dôvery v devízový trh). Medzi účastníkov menového trhu patria nasledujúce subjekty.

**Istiaci sa subjekty** (hedgers) – prevládajú stredne veľké a veľké podniky zaoberajúce sa exportom a importom, prípadne podniky financované v cudzích menách, ktorých cieľom je obmedzenie rizika. Zaisťovatelia uskutočňujú obchody na termínovom trhu v snahe zaisťovať sa proti kurzovému riziku nie preto, aby zarobili, ale preto, aby mali istotu, že neprerobia.

**Špekulanti** (speculators) – firmy ale aj fyzické osoby, ktoré investujú prostriedky za účelom zisku z rozdielov cien termínových kontraktov. Dúfajú, že budúci promptný kurz k určitému dátumu bude odlišný od termínovaného kurzu k určitému dátumu.

**Arbitrážisti** (arbitraders) – investori s veľkým kapitálom, ktorí uzatvárajú transakcie na minimálne dvoch trhoch, aby využili kurzových rozdielov.

**Tvorcovia trhu** (market makers) – inštitúcie uskutočňujúce sprostredkovanie pri obchodovaní medzi špekulantmi a istiacimi sa subjektmi. Jedná sa napríklad o banky, brokerov, menových dealerov.

Vďaka obrovskému počtu účastníkov a ich rôznorodosti je menový trh najlikvidnejším finančným trhom na svete, a preto je málo možnosti manipulovať ho. Centrálné banky vstupujú na menový trh s cieľom stabilizovať ho, čo je signál pre investorov, prevažne špekulantov, že trh sa hýbe.

#### 1.3.4 Komoditné trhy

Členíme ich do finančných trhov iba v prípade trhu s cennými kovmi, medzi ktoré radíme zlato, striebro, platínu a paládium (zlato sa niekedy považuje za menu a vtedy spadá do kategórie menových trhov).

Komoditné trhy patria k najstarším trhom na svete. Ich počiatky siahajú až do staroveku. Ako prvá vošla do histórie komoditných trhov tzv. tulipánová horúčka. Došlo v nej k prudkému rastu cien cibuliek holandských tulipánov na trhoch v Amsterdame a Londýne. Dynamický rast obrátov na komoditných trhoch nastal na sklonku 20. storočia a zásadným spôsobom ovplyvnil obraz svetového hospodárstva. V strede záujmov investorov je v poslednej dobe predovšetkým trh ropy, zlata, striebra a priemyslových kovov, ako sú meď, zinok či hliník. Obchodovanie na svetových komoditných trhoch sa odohráva na OTC trhoch a riadených burzových trhoch. Účastníkmi komoditného trhu sú tieto subjekty.

**Reálni obchodníci s komoditami** - obchodovaniu sa okrem finančných investorov zúčastňujú tiež subjekty usilujúce sa o uzatvorenie obchodu v súvislosti s reálnou hospodárskou činnosťou, ktorú prevádzkujú a to prostredníctvom tovarov, ktoré sa stávajú predmetom výmeny.

**Špekulanti** - cielene preberajú riziko od subjektov, ktorí tak zaistujú svoje aktíva. Prítomnosť špekulantov na trhu zvyšuje jeho likviditu. Nepriaznivým dôsledkom môže byť ale zvýšenie premenlivosti kotácií daného nástroja.

**Arbitrážisti** – ich prítomnosť je zárukou efektivity trhovej výmeny. Využívajú špekulačnú metódu odvodenú z arbitrážneho prístupu - tzv. risk arbitrage prístup, ktorý predpokladá, že ceny rôznorodých nástrojov vzájomne spojených štatistickou koreláciou budú v dlhodobom horizonte smerovať k určitej spoločnej cene.

### 1.3.5 Derivátové trhy

Derivátové trhy zabezpečujú obchodovanie s finančnými derivátmi. Moderná história derivátových trhov sa viaže na obdobie vzniku búrz. Na rozvoj derivátov malo najväčší význam ustanovenie Chicago Board of Trade (CBOT) v roku 1848 a Chicago Mercantile Exchange (CME) v roku 1874. Vo svete sa obchoduje s derivátmi na OTC trhoch (neštandardizované obchody) alebo na burzách (štandardizované obchody). Skúsenosti zo zahraničia dokumentujú, že zavedenie obchodovania s derivátmi spôsobilo nárast likvidity na promptnom trhu. Deriváty sa rozdeľujú na dve základné skupiny:



- finančné deriváty (zahŕňajú úrokové, akciové a menové deriváty),
- komoditné deriváty.

Finančné deriváty sú finančné inštrumenty, ktorých cena je odvodená od náhodnej veličiny nazývanej podkladové aktívum. Rozdeľujeme ich na **termínové finančné deriváty**, tzv. lineárne deriváty (forwardy, futures, swapy) a **opčné finančné deriváty**, tzv. nelineárne deriváty. Hlavné dôvody používania termínových finančných derivátov je motív zaistenia (hedging), motív špekulácie (trading) alebo motív arbitráže.

**Forward** je najstarší druh derivátov. Predstavuje záväzok kupujúceho kúpiť a záväzok predávajúceho prediť určité množstvo podkladového nástroja (niekedy viazaného na vývoj úrokovej miery alebo indexu) k určitému dňu v budúcnosti za stanovenú cenu (forwardovú cenu). Je to teda zmluva o budúcom dodaní, nie zmluva o promptnom dodaní a až do chvíle plnenia nedochádza k žiadnej peňažnej výmene medzi stranami. Inými slovami, zmluva typu forward uzamkne dnešnú cenu výmeny, ku ktorej však dôjde v budúcnosti. S forwardami sa obchoduje na OTC trhoch a nie na burzách. Ide o hru s nulovým súčtom – čo jeden získa, to druhý stratí. Platí, že jedna zo strán by urobila lepšie, keby kontrakt neuzatvárala, počkala a uskutočnila transakciu na promptnom trhu v dobe dohodnutého dodania. Forwardy sú neštandardizované kontrakty, ktoré najčastejšie uzatvárajú banky s podnikmi. Výhodou forwardov je, že sú šité na mieru (tailored). Sú teda prispôbené, aby vyhovovali požiadavkám oboch strán čo do objemu transakcie i dátumu jeho budúceho plnenia. Nevýhodou obchodovania s forwardami môže byť kreditné riziko (protistrana nemusí splatiť svoje záväzky) a nižšia likvidita (forwardy nie sú príliš obchodovateľné).

**Futures** je záväzný dokument vykonať alebo prevziať dodávku zjednaného množstva aktíva v stanovenom čase za cenu dohodnutú na burze. Začiatky obchodovania na burzách s futures sú datované od roku 1865 v Chicagu. Od forwardu sa líši v tom, že podmienky kontraktu sú štandardizované a že sa s ním obchoduje na špeciálnych burzách, tzv. derivátových či termínových a opčných burzách a nie na OTC trhoch. Futures oproti forwardovým kontraktom minimalizujú problémy likvidity a úverového rizika, tým že zavádzajú inštitút zúčtovacieho strediska a platenie zálohy (margin) pri nákupe kontraktu. Záloha je tak veľká, aby pokryla maximálnu možnú dennú stratu. S futures je možné obchodovať na sekundárnych trhoch (nemusí sa držať až do doby realizácie), čím slúži k špekuláciám. Nevýhodou môže byť štandardizovaná forma, ktorá nemusí potenciálnym

investorom vyhovovať čo do objemu peňažných prostriedkov. Medzi najznámejšie a najúspešnejšie futures patria futures na úrokovú mieru a futures na akciové indexy. Nevýhodou futures je ich využitie iba pre niekoľko menových párov. Porovnanie forwardov a futures je uvedené v Tab. 1.1.

Tab. 1.1 Porovnanie forwardových kontraktov a futures

Charakteristika	Forwardy	Futures
obchodovanie	na OTC	na burze
veľkosť trhu	obrovská	malá
splatnosť	podľa dohody	štandardizovaná
spôsob ručenia	dobré meno	zálohy
regulácia	samoregulácia	regulátor
riziko	nesú protistrany	garancia clearingovou spoločnosťou

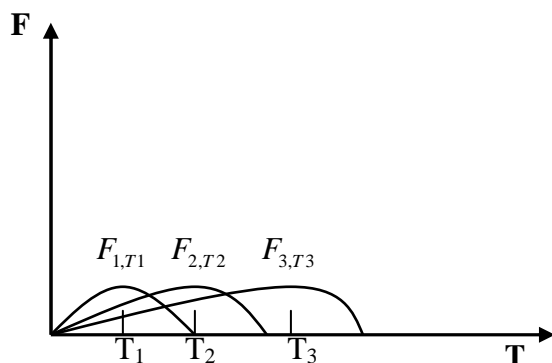
**Swapy** sú najmladšími derivátmi, vznikli v 70. – 80. rokoch. Prvotné swapy boli menové swapy. Úrokové swapy sa vyvinuli neskôr, ale omnoho viac sa s nimi obchoduje. Swap predstavuje dohodu dvoch zúčastnených strán o vzájomných opakujúcich sa platbách. Zaväzuje dve strany k výmenám určitých podkladových nástrojov (akcie, meny, úrokové sadzby) v určitých intervaloch v budúcnosti. Ide vlastne o dva alebo viac forwardov s rôznou dobou realizácie, no s rovnakou realizačnou cenou, ktoré sú spolu navzájom zmluvne spojené, vid' Obr. 1.1.

Obecne môžeme cenu swapu zapísať nasledovne:

$$SW_{t,T} = \sum_{t_i}^T f_{t,t_i}, \quad (1.1)$$

kde  $f_{t,t_i}$  je hodnota forwardu v čase  $t$  so splatnosťou  $t_i$ .

Obr. 1.1 Swap rozložený na radu forwardov



Swapy sa najčastejšie používajú v prípadoch, kedy majú dve strany rôznu negociačnú pozíciu v bankách. Každá zo strán má relatívnu výhodu niektorých zo sadzieb (fixná alebo pohyblivá). Použitím swapu sa o túto výhodu rozdeľia. Nejedná sa preto o hru s nulovým súčtom ale o koaličnú hru (firmy sa spoja – získavajú spoločný efekt, o ktorý sa môžu rozdeliť). Transakcie sú možné iba na heterogénnych trhoch (rôzne podmienky - rôzne subjekty). Donedávna sa so swapmi obchodovalo iba na OTC trhoch, no v poslednej dobe je silný záujem o obchodovanie aj na burzách. Swapy rozdeľujeme na úrokové swapy, menové swapy či equitné swapy.

**Úrokový swap** (Interest Rate Swap, IRS) je výmena úrokových záväzkov v rovnakej mene, pričom istiny sa nevymieňajú (nacionálny princíp). Väčšinou ide o výmenu pevnej úrokovej sadzby za pohyblivú.

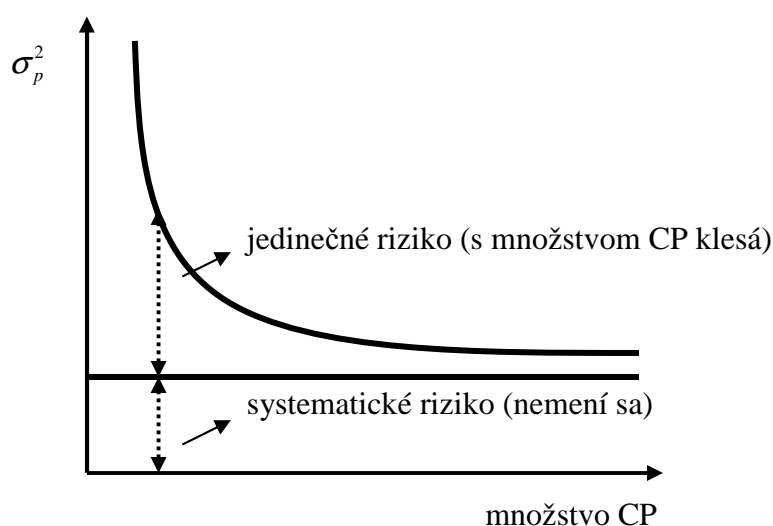
**Menový swap** je výmena dlhu v jednej mene za dlh v inej mene. Vždy prebehne výmena istín v oboch menách za vopred dohodnutý kurz. Následne dochádza k pravidelnej výmene úrokových platieb. Nakoniec sa v dohodnutej dobe (pri splatnosti swapu) zrealizuje spätná výmena základných dlhových čiastok. V rámci menových swapov rozlišujeme fixed-for-fixed currency swap, kedy si dve strany vymenia dlh (pohľadávku) s pevnou úrokovou sadzbou v jednej mene a dlh (pohľadávku) s pevnou úrokovou sadzbou v inej mene. Popri ňom existujú i fixed-for-floating currency swap ako aj floating-for-floating currency swap.

**Equitný swap** predstavuje výmenu pevných a pohyblivých úrokov viazaných na cenné papiere a akciové indexy.

## 1.4 Vlastnosti portfólií

Pojem portfólio pochádza z francúzskeho portefeuille – puzdro na spisy, aktovka. Portfóliom nazývame súbor investícií. Základnou vlastnosťou portfólií je možnosť vytvárať portfólia s menším rizikom, než sú riziká všetkých jednotlivých titulov zastúpených v portfóliu. Dôvodom tejto diverzifikácie sú záporné korelačné (niekedy stačia i slabé pozitívne korelácie) väzby medzi zastúpenými titulmi. Inými slovami, keď jedno železko v ohni prehráva, malo by druhé vyhrávať a naopak. Investor teda vytvára portfólio preto, aby minimalizoval riziká spojené s investovaním a súčasne preto, aby našiel ten najlepší možný (optimálny) pomer výnosov k rizikám. Výber konkrétneho portfólia závisí na vzťahu investora k riziku. Rozoznávame sklon k riziku, averziu voči riziku a neutrálny postoj k riziku. Pozitívny efekt diverzifikácie portfólia vypracoval H. M. Markowitz v rokoch 1952 – 1959. Dospel k záveru, že pridávaním cenných papierov do portfólia sa zníži jedinečné riziko a tým pádom i celkové riziko portfólia, viď Obr. 1.2. Empirické štúdie odporúčajú portfólio s minimálne tridsiatimi cennými papiermi.

Obr. 1.2 Efekt diverzifikácie portfólia



Celkové riziko je potom súčtom systematického rizika a jedinečného rizika, pričom predpokladáme, že podiel všetkých aktív v portfóliu je rovnaký (fixný):

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \cdot \sigma_M^2 + \left(\frac{1}{N}\right)^2 \cdot \sum \sigma_{\epsilon_i}^2, \quad (1.2)$$

kde  $\sigma_M^2$  je rozptyl trhového portfólia,  $\beta_p^2$  je beta koeficient sledovaného portfólia,  $\sum \sigma_{\varepsilon_i}^2$  je suma rozptylov reziduálnych odchýlok a  $N$  je počet aktív v portfóliu.

Systematické riziko je naopak nediverzifikovateľné. Mierou tohto rizika je tzv. beta koeficient, ktorý uvádza, o koľko sa zvýši dodatočný výnos oceňovaného aktíva, pokiaľ sa dodatočný výnos trhového portfólia zvýši o jednotku:

$$\beta_i = \frac{E(R_i) - R_F}{E(R_M) - R_F}, \quad (1.3)$$

kde  $E(R_i)$  je očakávaný výnos aktíva,  $E(R_M)$  je očakávaný výnos trhového portfólia a  $R_F$  je bezriziková sadzba. Čitateľ vyjadruje dodatočný výnos daného aktíva a menovateľ dodatočný výnos trhového portfólia (riziková prémie).

Beta koeficient môžeme vyjadriť i kovariančným spôsobom:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2}, \quad (1.4)$$

kde  $\sigma_{iM}$  charakterizuje kovariančný vzťah medzi  $i$ -tým aktívom a trhovým portfóliom,  $\sigma_M^2$  je rozptyl trhového portfólia. Beta portfólia sa vypočíta ako vážený priemer beta koeficientov jednotlivých cenných papierov:

$$\beta_p = \sum_{i=1}^N x_i \beta_i. \quad (1.5)$$

Koeficient beta teda odráža, v akej miere určitý cenný papier podlieha vplyvu všeobecného trhového poklesu či vzostupu a meria tak príspevok cenného papiera k riziku portfólia. Beta koeficient sa počíta buď z dát minulého vývoja (ex post beta) alebo sa odhaduje do budúcnosti (ex ante beta). Cenný papier s beta koeficientom väčším než 1 má tendenciu pohybu kapitálového trhu zosilňovať. O takýchto cenných papieroch sa obyčajne hovorí ako o „rizikových“. Ich očakávaná návratnosť je však vyššia než u menej rizikových cenných papieroch a to predovšetkým v dlhšom období. Menej rizikové cenné papiere majú beta koeficient medzi 0 a 1. Tieto cenné papiere majú tendenciu pohybovať sa v rovnakom smere ako celý trh, ale nie v takom rozsahu. V dlhodobom horizonte sa u nich obyčajne predpokladá

nižšia výnosnosť. Beta koeficient rovný nule hovorí, že by išlo o cenný papier, ktorého výnos by bol rovný bezrizikovej sadzbe. Výnos cenných papierov s beta koeficientom menším než 0 sa pohybuje opačným smerom než výnos trhu. Keďže trh predstavuje agregátne portfólio všetkých cenných papierov, beta koeficient celého trhu je rovný jednej.

**Efektívne portfólio** je také portfólio, ktoré má menšie riziko než všetky ostatné portfólia s porovnateľným (rovnakým) očakávaným výnosom. Efektívne portfólia sú znázornené na efektívnej (nedominovanej, paretovskej) množine vytvorenej z prípustnej množiny (znázorňujúcej akékoľvek kombinácie výnosu portfólií a podstupovaného rizika) upravenej o podmienku, kedy investor pri danej strednej hodnote výnosu minimalizuje riziko, resp. pri danom riziku maximalizuje strednú hodnotu výnosu.

**Optimálne portfólio** je portfólio dané prienikom efektívnej množiny s indifferenčnou krivkou, ktorá určuje vzťah investora k riziku. Keďže jednotliví investori majú rozdielny postoj k riziku, neexistuje univerzálne optimálne portfólio. Na dokonale fungujúcom kapitálovom trhu je optimálne portfólio súčasne i trhovým portfóliom.

**Trhové portfólio** obsahuje každú z investícií (akcie, obligácie, nehnuteľnosti...), ktoré existujú na kapitálovom trhu a to v takých vzájomných proporciách, ktoré zodpovedajú proporciám, v ktorých je každá investícia svojou celkovou trhovou hodnotou zastúpená na kapitálovom trhu. Ide o pevný bod vesmíru investičných príležitostí, ku ktorému pomerujeme ostatné investície.

Investície teda nie sú rovnako výnosné, bezpečné a návratné. Hierarchiu rizík jednotlivých investícií znázorňuje Obr. 1.3, pričom zvyšovanie rizikovosti smeruje zdola nahor.

Obr. 1.3 Aztécka bezpečnostná pyramída



## 1.5 Popis miery rizika metodológiou Value at Risk

Nájsť stopy historického vývoja merania Value at Risk je zložité, pretože tieto merania boli používané firmami pre interné účely. Neboli publikované a zriedka sa objavovali v literatúre. Za počiatok možno považovať prvotný M-V model vyvinutý H. M. Markowitzom v roku 1952. Termín Value at Risk bol prvý krát použitý v tzv. G-30 Report dokumente, publikovanom v júli 1993. Dovtedy boli v literatúre používané termíny ako Capital at Risk (Wilson, 1992) alebo Dollar at Risk (Mark, 1991). V tom istom roku bol vykonaný prieskum od PricewaterhouseCoopers pre the Group of 30, v ktorom z 80 respondentov 30% používalo Value at Risk na riadenie trhových rizík a ďalších 10% plánovalo tak urobiť.

Prednosťou metódy Value at Risk je jej komplexnosť využitia v inštitúciách na rôznych úrovniach – od mikroúrovne až po makroúroveň. Snád všetky veľké finančné inštitúcie prijali Value at Risk ako základ každodenného riadenia rizík. Pôvodne bola metóda Value at Risk vyvinutá pre riadenie trhového rizika, no v dnešnej dobe sa rozširuje i na úverové (kreditné) riziko či právne riziko a v neposlednej rade na nefinančné inštitúcie, čo vyústilo v nové miery v riziku, ako napríklad výnosy v riziku (Earnings at Risk – EaR), výnosy na akciu v riziku (Earnings-Per-Share at Risk – EPSaR) alebo peňažný tok v riziku (Cash-Flow at Risk – CfaR). Tieto miery berú v úvahu špeciálne podnikové prostredie.

### 1.5.1 Definícia Value at Risk

Value at Risk je potenciálnou stratou s určitou pravdepodobnosťou behom určitej nasledujúcej doby držania stanovenou na základe určitého historického obdobia, ktorú inštitúcia môže zaznamenať na svojom portfóliu pri nepriaznivých trhových zmenách. Value at Risk teda sumarizuje najhoršiu stratu počas určitého časového úseku s určitou zvolenou pravdepodobnosťou. Ak  $\alpha$  je zadaná úroveň pravdepodobnosti, Value at Risk predstavuje  $1-\alpha$  úroveň pravdepodobnosti, že potenciálna strata neprekročí stanovenú hodnotu.

Matematicky je Value at Risk definovaná ako jednostranný kvantil (napríklad 99 %) z rozdelenia ziskov a strát portfólia behom určitej doby držania (napríklad 10 dní), stanovený na základe určitého historického obdobia (napríklad 1 rok).

Príklad:

Denný VaR vo výške 10 mil. SKK pri 5 % jednostrannej pravdepodobnosti znamená, že spoločnosť v priemere stratí 10 mil. Sk v 5 % dní.

Denný VaR vo výške 10 mil. SKK pri 1 % jednostrannej pravdepodobnosti znamená, že spoločnosť v priemere stratí 10 mil. SKK v 1 % dní.

Portfólio s VaR 10mil. SKK pri 1 % jednostrannej pravdepodobnosti predstavuje menej rizikové portfólio než portfólio s VaR 10 mil. SKK pri 5 % pravdepodobnosti.

### **1.5.2 Stanovenie horizontu držby portfólia, historického obdobia a úrovne pravdepodobnosti**

Aktívne finančné inštitúcie, napríklad banky používajú jednodennú dobu držby, pretože dlhšia doba nie je vhodná vzhľadom k dynamickému charakteru zloženia portfólia. Na druhej strane investiční manažéri obvykle používajú jednomesačnú dobu držby a podniky dokonca štvrtročné až ročné obdobie. Voľba historického obdobia býva rovnako kompromisom. Nevýhodou kratšieho obdobia je, že zachytáva iba nedávne trhové odchýlky a môže viesť v prípade stabilných trhových cien k veľmi nízkej hodnote rizika. Naopak nevýhodou dlhšieho obdobia je, že Value at Risk málo reaguje na náhlu zmenu trhových cien. Voľba úrovne pravdepodobnosti je rovnako závislá na subjektívnych potrebách toho ktorého investora. Ak je primárny cieľ uspokojiť externé regulačné požiadavky ako sú požiadavky na bankový kapitál, kvantil je veľmi malý.

### **1.5.3 Metódy Value at Risk**

Metodológia Value at Risk sa stala základným nástrojom využívaným pre risk managerov, pretože poskytuje kvantitatívne meranie poklesu rizika. Value at Risk prístupy môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín:

- *local valuation*, ktoré je založené na predpoklade, že portfólia premenných sú normálne rozdelené. Tento prístup reprezentuje delta-normal metóda.
- *full valuation*, ktoré je potenciálne vhodnejší prístup, pretože počíta s nelinearitou, ktorá je v *local valuation* ignorovaná. Do tejto skupiny radíme metódu historickej simulácie a metódu Monte Carlo simulácie.



### 1.5.3.1 Delta-normal metóda

Delta-normal metóda je nazývaná aj variančno-kovariančná metóda, parametrická či analytická metóda. Je založená na predpoklade, že krátkodobé zmeny v trhových parametroch a hodnote portfólia sú normálne rozdelené. Táto metóda reflektuje fakt, že trhové parametre nie sú nezávislé, avšak sú obmedzené prvým stupňom závislosti – koreláciou. K odhadu potenciálnych strát portfólia v budúcnosti sa využíva štatistika o volatilitách z minulosti a koreláciách medzi zmenami hodnôt. Volatility a korelácie rizikových faktorov sa stanovujú pre zvolené doby držby a historické obdobie a to pomocou historických údajov. Model má veľké informačné požiadavky. Napríklad i za predpokladu normality u šiestich mien je treba dvadsať sedem parametrov (šesť priemerov, šesť variancií a pätnásť kovariancií). Delta-normal metóda je jednoduchá na implementáciu, pretože zahŕňa jednoduchú maticovú multiplikáciu. Je taktiež výpočtovo rýchla, dokonca aj pri veľkom počte aktív. Delta-normal metóda môže byť predmetom množstva kritiky. Prvý problém je existencia ťažkých koncov (fat tails) v rozdelení výnosov na väčšine finančných aktív, ktoré delta-normal metóda primerane nezohľadňuje. Ďalší problém je, že metóda neadekvátne meria riziko nelineárnych inštrumentov ako sú opcie alebo hypotéky.

### 1.5.3.2 Metóda historickej simulácie

Historická simulácia počíta zmenu hodnoty portfólia na základe skutočných historických hodnôt rizikových faktorov. Potenciálne budúce straty sa počítajú zo strát, ktoré by mal podnik v minulosti na danom portfóliu. Zatiaľ čo pri delta-normal metóde sa interval spoľahlivosti počíta štatisticky, napríklad predpokladá, že výnosy sú normálne rozdelené, v prípade historickej simulácie sa simulujú potenciálne straty bez zavádzania akýchkoľvek predpokladov o rozdelení. To znamená, že potenciálne straty sa simulujú pre určitý historický scenár bez ohľadu na jeho pravdepodobnosť. Nie je taktiež potrebné stanoviť variancie a kovariancie každého rizikového faktoru. Výstupom je časová rada ziskov a strát, ku ktorým by došlo, pokiaľ by finančná inštitúcia držala portfólio pre určité obdobie v minulosti. Metóda historickej simulácie je relatívne jednoduchá na implementáciu, ak sú historické dáta zbierané vnútro podnikovo pre denné ohodnocovanie trhu (marking-to-market). Rovnaké dáta môžu byť potom uložené pre neskoršie použitie. To zjednodušuje výpočty v prípadoch portfólií s veľkým množstvom aktív a krátkych testových periód. Výnosy sú merané po intervaloch, ktoré korešpondujú s dĺžkou horizontu. Napríklad k získaniu mesačného VaR by mal užívateľ

zrekonštruovať historické mesačné výnosy portfólia za aspoň päť rokov. Výhodou historickej simulácie je, že metóda dokáže vysvetliť ťažké konce (fat tails). Znamená to, že lepšie zachytáva extrémne trhové zmeny rizikových aktív. Nevýhodou môže byť potenciálna neobjektívnosť, keďže predstierame, že zmeny trhu od dnes do zajtra sú rovnaké ako zmeny, ktoré nastali v minulosti. Inými slovami predpokladá, že minulosť korektne reprezentuje budúcnosť. Historická simulácia navyše predpokladá, že máme dostatočnú históriu v zmenách cien. Na získanie 1000 nezávislých simulácií 1-denného pohybu potrebujeme štyri roky kontinuálnych dát. Problémom môže byť, že niektoré aktíva môžu mať kratšiu históriu alebo nie je záznam histórie aktív.

### **1.5.3.3 Metóda Monte Carlo simulácie**

Ide o stochastickú simuláciu, v ktorej sa k odhadu Value at Risk používa veľký počet simulácií vývoja hodnoty portfólia. Ten je určený veľkým počtom náhodne generovaných rizikových faktorov, pričom pravdepodobnosti sú založené na historickej skúsenosti. Metóda Monte Carlo simulácie modeluje i procesy zahŕňajúce ľudskú voľbu či procesy s neúplnými informáciami. Považuje sa za najúčinnnejšiu metódu pre výpočet VaR. Dokáže počítať potenciálnu stratu pre široký rozsah rizík zahŕňajúcich i nelineárne riziko. Je dostatočne flexibilná v extrémnych scenároch a v situáciách s ťažkými koncami (fat tails). Najväčšou nevýhodou tejto metódy je jej časová náročnosť. Ak je vytvorených 1000 vzorových stôp s portfóliom obsahujúcim 1000 aktív, celkový počet odhadov obnáša jeden milión. Táto metóda je najviac náročná na implementáciu v požiadavkách systémovej infraštruktúry (výkonnosť počítačov).

### **1.5.3.4 Porovnanie metód**

Neexistuje jednoznačný názor o najlepšej metóde. Delta-normal metóda je založená na priemerných koreláciách pre celé obdobie, zatiaľ čo metóda simulácií počíta skutočné korelácie v konkrétnych dňoch a zachytáva tak extrémne trhové zmeny. Metóda historickej simulácie je zvyčajne časovo náročnejšia, no jej hlavná výhoda je, že zachytáva všetky nedávne trhové zmeny. Táto črta je veľmi dôležitá pre meranie rizika. Delta-normal je pravdepodobne najlepšia metóda pre rýchle odhady VaR, no značne trpí na predpoklady ohľadne rozdelenia trhových dát. Manažér by mal byť veľmi opatrný, keď ju používa a to v prípade nelineárneho portfólia. Metóda Monte Carlo simulácie je veľmi zdĺhavá, no je

pravdepodobne najviac účinná metóda. Je dostatočne flexibilná pri začleňovaní interných informácií spoločne s historickými pozorovaniami. Keď sú rizikové faktory normálne rozdelené, poskytuje delta-normal metóda v porovnaní s Monte Carlo simuláciou spoľahlivý odhad VaR. Treba poznamenať, že metóda historickej simulácie a metóda Monte Carlo simulácie sú takmer zhodné, keďže obe preceňujú nástroje na základe daných hodnôt rizikových faktorov. Rozdiel je iba v tom, ako generujú rizikové faktory. Metóda Monte Carlo simulácie generuje náhodné scenáre, zatiaľ čo historická simulácia vychádza zo scenárov v minulosti. Záverom môžeme konštatovať, že pre veľké portfólia vystavené množstvu rizikových faktorov zahŕňajúcich veľký počet korelácií je dôležitá *rýchlosť*, ktorú nám poskytuje delta-normal metóda. V prípade, že sa v portfóliu nachádzajú nelineárne komponenty, býva dôležitejšia *presnosť*. V tomto prípade je výhodnejšie použiť metódu historickej simulácie alebo metódu Monte Carlo simulácie.

## 2 POPIS DELTA-NORMAL METÓDY

Delta-normal metóda je založená na predpoklade, že zmeny v trhových parametroch a hodnote portfólia sú normálne rozdelené. Odhad hodnoty v riziku delta-normal metódou pozostáva zo zberu vstupných dát jednotlivých finančných inštrumentov. Takto získané historické hodnoty transformujeme na výnosy, pomocou ktorých stanovíme rozptyly a kovariancie pre dané aktíva. Na ich odhad používame nepodmienený odhad, tzv. historický prístup alebo podmienený odhad reprezentovaný EWMA metódou. Neoddeliteľnou súčasťou odhadu VaR delta-normal metódou je mapovanie rizika, ktorého účelom je stanoviť súčasnú hodnotu budúcich peňažných tokov inštrumentov podliehajúcich úrokovému riziku. Určením smerodajnej odchýlky portfólia a súčasnej hodnoty aktív pristúpime k odhadu hodnoty v riziku na zvolenej hladine pravdepodobnosti.

Prístupy k odhadu Value at Risk delta-normal metódou rozdeľujeme do dvoch základných skupín. Prvou z nich je **nediverzifikovaná VaR** nazývaná aj individuálna VaR. Abstrahuje od efektu diverzifikácie a počíta hodnoty v riziku pre sledované aktíva samostatne (izolovane). Za predpokladu nulovej strednej hodnoty výnosu je vyjadrená vzťahom:

$$VaR_i = \alpha \cdot \sigma_i \cdot x_i, \quad (2.1)$$

kde  $\alpha$  je kvantil na zadanej hladine pravdepodobnosti,  $\sigma_i$  je smerodajná odchýlka  $i$ -tého aktíva a  $x_i$  je hodnota investovaných prostriedkov do  $i$ -tého aktíva. Odhad nediverzifikovanej VaR portfólia je potom sumou individuálnych VaR  $i$ -tých aktív.

Hodnotu v riziku však presnejšie vystihuje **diverzifikovaná VaR** nazývaná aj absolútna VaR, ktorá na rozdiel od nediverzifikovanej VaR berie do úvahy účinky diverzifikácie. Zapišeme ju rovnako za predpokladu nulovej strednej hodnoty ako:

$$VaR = \alpha \sqrt{x' C x}, \quad (2.2)$$

kde  $\alpha$  je kvantil na zadanej hladine pravdepodobnosti,  $x'$  je transponovaný vektor podielu investovaných prostriedkov,  $C$  je kovariančná matica a  $x$  je vektor podielu investovaných

prostriedkov. Pričom  $x'Cx = \sigma_p^2$  je maticový zápis rozptylu portfólia. Odhad Value at Risk môžeme vyjadriť i pomocou korelačnej matice:

$$VaR = \sqrt{x'(\alpha S'RS\alpha)x}, \quad (2.3)$$

kde  $\alpha$  je kvantil na zadanej hladine pravdepodobnosti,  $R$  je korelačná matica,  $S$  je matica so smerodajnými odchýlkami na hlavnej diagonále, okolo ktorej sú samé nuly,  $x'$  je transponovaný vektor podielu investovaných prostriedkov a  $x$  je vektor podielu investovaných prostriedkov. Po úprave dostaneme:

$$VaR = \sqrt{(x \cdot V)' R (x \cdot V)}, \quad (2.4)$$

kde  $R$  je korelačná matica,  $x$  je vektor podielu investovaných prostriedkov a  $V = \alpha \cdot \sigma$ .

## 2.1 Zber vstupných dát

Vstupné dáta sú konštruované v rôznych časových intervaloch, napríklad deň, týždeň, mesiac. Môžu reprezentovať trhové ceny, úrokové miery, spready, menové kurzy a podobne.

Existujú štyri typy cien:

- **transakčné ceny** sú ceny aktuálnych transakcií,
- **firemné ceny** sú bid alebo offer ceny kótované trhovými účastníkmi. Tieto ceny môžu byť spriemerované, čím získame firm-mid-makret ceny,
- **indikačné ceny** sú bid, offer, mid-market ceny kótované trhovými účastníkmi, prevažne brokermi,
- **vyúčtovacie ceny** sú ceny špecifikované burzami pre účely ako je kalkulovanie denných marginálnych požiadaviek. Každá burza má svoje vlastné pravidlá pre určenie vyúčtovacích cien založených na transakčných, firemných alebo indikačných cenách na konci obchodovania každého dňa.

Metodológia Value at Risk najčastejšie využíva transakčné ceny. Rozlišujeme **otváracie ceny** pozostávajúce z prvej transakcie daného dňa, **uzatváracie ceny** pozostávajúce z poslednej transakcie daného dňa, **vrcholové ceny** pozostávajúce z najvyššej transakčnej ceny daného dňa a **dolné ceny** pozostávajúce z najnižšej transakčnej ceny daného dňa.

Keďže ceny nie sú stacionárne, prevádzame ich na výnosy. Výnos môže byť z hrubých cien získaný viacerými spôsobmi. Vypočítame ho ako relatívnu zmenu cien a hovoríme o aritmetickom respektíve diskretnom výnose v čase:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{\Delta P_t}{P_{t-1}}, \quad (2.5)$$

kde  $P_t$  je cena v čase  $t$  a  $P_{t-1}$  je cena v čase  $t-1$ .

Ďalej ako logaritmickú zmenu cien:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln P_t - \ln P_{t-1}, \quad (2.6)$$

kde  $P_t$  je cena v čase  $t$ ,  $P_{t-1}$  je cena v čase  $t-1$  a  $\ln$  je prirodzený logaritmus.

V tomto prípade hovoríme o geometrickom resp. spojitom výnose v čase. Viacdenné výnosy získame súčtom jednodenných výnosov napríklad jednomesačný výnos (predpokladajúc, že mesiac má 21 obchodných dní) vypočítame tak, že sčítame 21 jednodenných výnosov:

$$R_t(21) = \sum_{i=1}^{21} r_t, \quad (2.7)$$

kde  $r_t$  je jednodenný výnos v čase  $t$ .

## 2.2 Odhad rozptylu, kovariančnej a korelačnej matice

V zásade existujú dva hlavné prístupy, ktorými je možné určiť rozptyl jednotlivých aktív či ich kovariancie (štatistickú závislosť). Hovoríme o nepodmienenom odhade reprezentovaným

tzv. historickým prístupom a podmienenom odhade, ktorý reprezentujú GARCH a EWMA metódy.

### 2.2.1 Nepodmienený odhad

Vychádza sa z predpokladu, že očakávaný výnos aktíva je rovný priemernej hodnote skutočných výnosov za určité historické obdobie:

$$E(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N R_{i,t}, \quad (2.8)$$

kde  $R_{i,t}$  je výnos  $i$ -tého aktíva v čase  $t$  a  $N$  predstavuje veľkosť historickej časovej rady  $i$ -tého aktíva.

Stredná hodnota výnosu portfólia je potom rovná váženému priemeru očakávaných výnosov aktív:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N x_i \cdot E(R_i), \quad (2.9)$$

kde  $x_i$  je váha  $i$ -tého aktíva v portfóliu a  $E(R_i)$  je očakávaná hodnota výnosu  $i$ -tého aktíva.

Rozptyl jednotlivých aktív je v prípade nepodmieneného odhadu konštantný v čase a určíme ho rovnako ako očakávaný výnos aktíva z historickej rady skutočných výnosov. Výsledok udáva priemerný štvorec odchýlky možných výnosov od očakávaného výnosu:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)]^2, \quad (2.10)$$

kde  $R_{i,t}$  je výnos  $i$ -tého aktíva v čase  $t$ ,  $E(R_i)$  je očakávaná hodnota výnosu a  $N$  predstavuje veľkosť historickej časovej rady  $i$ -tého aktíva.

Rozptyl môžeme považovať i za zvláštny prípad štatistickej závislosti smerodajnej odchýlky  $i$ -tého aktíva a vypočítame ho ako kovarianciu. Hodnota rozptylu sa nachádza v kovariančnej matici na hlavnej diagonále:

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ii} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)] \cdot [R_{i,t} - E(R_i)], \quad (2.11)$$

kde  $\sigma(R_i)$  je smerodajná odchýlka  $i$ -tého aktíva,  $R_{i,t}$  je výnos  $i$ -tého aktíva v čase  $t$  a  $E(R_i)$  je očakávaná hodnota výnosu. Rozptyl portfólia je potom definovaný nasledovne:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j, \quad (2.12)$$

kde  $x_i$  je transponovaný vektor reprezentujúci štruktúru investície vyjadrenú v peňažných jednotkách,  $\sigma_{ij}$  je kovariancia aktív a  $x_j$  je vektor investovaných peňažných jednotiek do jednotlivých aktív.

Smerodajnú odchýlku vypočítame ako druhú odmocninu rozptylu a výsledok udáva priemernú odchýlku možných výnosov od očakávaného výnosu:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2(R_i)}. \quad (2.13)$$

Čím väčšia smerodajná odchýlka, tým väčšie je riziko (neistota) spojené s očakávanými výnosmi. So strednou hodnotou výnosu porovnávame práve smerodajnú odchýlku a nie rozptyl, keďže rozptyl je určený v %<sup>2</sup>.

Odhad kovariancie získame použitím nasledujúcej formulácie. Čím je hodnota kovariancie väčšia, tým je väčšia vzájomná závislosť aktív a naopak:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)] \cdot [R_{j,t} - E(R_j)], \quad (2.14)$$



kde  $R_{i,t}$  je výnos  $i$ -tého aktíva v čase  $t$ ,  $R_{j,t}$  je výnos  $j$ -tého aktíva v čase  $t$ ,  $E(R_i)$  a  $E(R_j)$  sú očakávané hodnoty výnosu  $i$ -tého a  $j$ -tého aktíva,  $N$  predstavuje veľkosť historickej časovej rady.

Korelácia nazývaná aj normovaná kovariancia je občas zamieňaná s kovarianciou. Oba parametre totiž odpovedajú na otázku, aká štatistická závislosť existuje medzi danými aktívami. Zásadný rozdiel medzi kovarianciou a koreláciou je, v akom intervale sa môžu nachádzať ich hodnoty. Zatiaľ čo interval kovariancie je  $-\infty < \sigma_{ij} < \infty$ , korelačné hodnoty sú definované v intervale  $-1 \leq \rho_{ij} \leq 1$ :

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}, \quad (2.15)$$

kde  $\sigma_{ij}$  je kovariancia medzi  $i$ -tým a  $j$ -tým aktívom,  $\sigma_i$  a  $\sigma_j$  sú smerodajné odchýlky  $i$ -tého a  $j$ -tého aktíva.

V prípade  $\rho_{ij} = 0$  konštatujeme, že aktíva sú nekorelované a nevzniká medzi nimi žiadna štatistická závislosť. Ak  $\rho_{ij} = 1$ , hovoríme, že aktíva sú pozitívne korelované. Znamená to, že ich výnosy sa pohybujú tým istým smerom a v rovnakej miere. V situácii  $\rho_{ij} = -1$  sú aktíva negatívne korelované a ich výnosy sa pohybujú presne opačným smerom.

Pre určenie kovariancie a korelácie jednotlivých aktív nepodmieneným odhadom môžeme použiť i modul v Exceli, viď Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Výpočet vybraných parametrov použitím modulu v Exceli

<b>odhad kovariancie</b>	Nástroje/Analýza dát/Kovariancia
<b>odhad korelácie</b>	Nástroje/Analýza dát/Korelácia

### 2.2.2 EWMA metóda

Keďže nie je často splnený predpoklad homoskedasticity (konštantného rozptylu), bývajú aplikované adaptačné metódy, ktoré sú založené na určení podmieneného rozptylu. Používajú sa dve skupiny a to metóda GARCH (General Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Method) alebo metóda EWMA (Exponentially Weighted Moving Averages Method). EWMA metóda je zvláštny prípad GARCH metódy, v ktorej nie je nutné udržiavať veľké rady historických údajov a odhad rozptylu je pomerne jednoduchý. Je založený na princípe, v ktorom sa bližším historickým údajom priradia vyššie váhy, čím sa utlmia väčšie zmeny vo volatilitách a v koreláciách dávnych minulostí.

Pre odhadované parametre sa používa metóda maximálnej vierohodnosti alebo metóda minimalizácie kritéria RMSE (Root Mean Square Error), ktorú budeme aplikovať v ďalších výpočtoch:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t z_t^2}, \quad (2.16)$$

kde  $z_t = R_{i,t}^2 - \sigma_{i,t,t-1}^2$  je chyba predikcie pre rozptyl a  $z_t = R_{i,t} \cdot R_{j,t} - \sigma_{ij,t,t-1}$  je chyba predikcie pre kovarianciu. Z uvedeného vyplýva, že chyba predikcie predstavuje rozdiel medzi skutočnosťou a budúcim odhadom.

EWMA model je charakterizovaný parametrom  $\lambda$  nazývaným i decay factor (tlmiaci faktor). Tento parameter určuje aké váhy (významnosť) sa priradia jednotlivým historickým údajom. Hodnota  $\lambda$  sa pohybuje v intervale  $0 \leq \lambda \leq 1$ . Čím viac sa približuje nule, tým väčšiu váhu majú nedávne dáta oproti dátam zo vzdialenej minulosti. Ide teda o adaptačný proces, ktorý je ovplyvnený nedávno dosiahnutou skutočnosťou. Homoskedasticita nastáva, pokiaľ je decay faktor rovný jednej. V tomto prípade je rozptyl konštantný a k jeho určeniu môžeme predovšetkým z časových dôvodov využiť historický prístup, keďže výpočet EWMA metódou býva prácny pri veľkom počte aktív. Platí, že pre odhad kovariancií je potrebné vytvoriť  $C_2(n)$  dvojíc, kde  $n$  je počet aktív.

Metóda Riskmetrics na základe empirických poznatkov určuje decay faktor pre denné dáta  $\lambda = 0,94$  a pre mesačné dáta  $\lambda = 0,97$ . Ide o určité zovšeobecnenie, ktoré pramení z inak časovo náročného hľadania rozptylov veľkých (rozsiahlych) portfólií.

Odhad rozptylu  $i$ -tého aktíva v okamžiku  $t$  na moment  $t+1$  sa pomocou EWMA metódy stanoví nasledovne:

$$\sigma_{i,t+1,t}^2 = \lambda \cdot \sigma_{i,t,t-1}^2 + (1-\lambda) \cdot R_{i,t}^2, \quad (2.17)$$

kde  $\sigma_{i,t,t-1}^2$  je rozptyl  $i$ -tého aktíva v okamžiku  $t-1$  na moment  $t$ ,  $R_{i,t}^2$  je skutočný rozptyl v čase  $t$  a  $\lambda$  je váha predpovede.

Predikovanú smerodajnú odchýlku pre aktívum  $i$  v okamžiku  $t$  na obdobie  $t+1$  vyjadríme ako odmocninu predikovaného rozptylu  $i$ -tého aktíva v okamžiku  $t$  na moment  $t+1$ :

$$\sigma_{i,t+1,t} = \sqrt{\sigma_{i,t+1,t}^2}. \quad (2.18)$$

V prípade homoskedasticity je parameter  $\lambda=1$ . Po jeho dosadení do rovnice číslo (2.17) a následne do rovnice (2.18) dostávame:

$$\sigma_{i,t+1} = \sigma_{i,t,t-1}, \quad (2.19)$$

čím sa potvrdil konštantný priebeh smerodajnej odchýlky.

Predikovanú kovarianciu medzi aktívami  $i$  a  $j$  v okamžiku  $t$  na obdobie  $t+1$  určíme vzťahom:

$$\sigma_{ij,t+1,t} = \lambda \cdot \sigma_{ij,t,t-1} + (1-\lambda) \cdot R_{i,t} \cdot R_{j,t}, \quad (2.20)$$

kde  $\lambda$  je váha predpovede,  $\sigma_{ij,t,t-1}$  je kovariancia medzi aktívami  $i$  a  $j$  v okamžiku  $t-1$  na obdobie  $t$ ,  $R_{i,t}$  a  $R_{j,t}$  sú výnosy  $i$ -tého a  $j$ -tého aktíva v okamžiku  $t$ .

### 2.2.3 Nepodmienený odhad vs. EWMA model

V Tab. 2.2 a Tab. 2.3 sú zobrazené rozdiely medzi výsledkami určenými nepodmieneným odhadom a EWMA metódou. Analýza je aplikovaná na vybraných rizikových aktívach ku dňu 24.01.2008. Historická rada je zostavená zo 449 jednodenných logaritmických výnosov.

Tab. 2.2 Odhad rozptylu

Aktívum	Nepodmienený odhad (%)	EWMA metóda (%)
SKK/CZK	0,13523	0,16975
SKK/EUR	0,12198	0,11224
SKK/USD	0,37321	0,66962
SKK/GBP	0,21102	0,45572
ČEZ akcie	4,32600	40,58650
DJ Euro Stoxx 50 index	1,21672	24,90801
SAX index	0,59589	0,21771
Platina	4,21340	6,29166
Paládium	3,38833	1,54892

Tab. 2.3 Odhad kovariancie

Aktívum	Nepodmienený odhad	EWMA metóda
CZK/EUR	0,08675	0,07395
EUR/USD	0,14577	0,15035
USD/GBP	0,18627	0,40475
ČEZ akcie/DJ Euro Stoxx 50 index	0,12767	43,15347
DJ Euro Stoxx 50 index/SAX index	-0,02428	0,01331
ČEZ akcie/CZK	-0,03863	0,17498
Zlato/Platina	1,06679	1,36771
Platina/Paládium	1,47281	0,71506
Zlato/USD	-0,00743	0,02238

Odhad rozptylu EWMA metódou sa výrazne odlišuje iba v súvislosti s držbou akcií spoločnosti ČEZ a európskeho indexu. Ostatné finančné inštrumenty dosahujú aj v prípade odhadu kovariancií pomerne rovnakých hodnôt.

V súvislosti s EWMA metódou vzniká dilemma, akú dlhú časovú historickú radu údajov uvažujeme použiť, keďže obecné platí, že najväčšia významnosť sa priradí najnovším hodnotám. Nasledujúci výskum vid' Tab. 2.4 až Tab. 2.7 berie do úvahy tri rozdielne časové rady historických cien, pomocou ktorých odhadneme rozptyl a kovariancie vybraných aktív k 24.01.2008.

Tab. 2.4 Analýza rozptylu

aktívum	99 dní (%)	499 dní (%)	699 dní (%)
SKK/CZK	0,15186	0,16975	0,11667
SKK/EUR	0,08910	0,11224	0,11721
SKK/USD	0,19123	0,66962	0,40111
SKK/GBP	0,57178	0,45572	0,21191
ČEZ akcie	117,77500	40,58650	4,12809
DJ Euro Stoxx 50 index	25,41665	24,90801	152,25280
SAX index	0,21304	0,21771	0,83461
Platina	3,88013	6,29166	4,04217
Paládium	1,57217	1,54892	1,46336

Tab. 2.5 Analýza kovariancie

aktívum	99 dní	499 dní	699 dní
CZK/EUR	0,01544	0,07395	0,08416
EUR/USD	0,13503	0,15035	0,15129
USD/GBP	0,51964	0,40475	0,30793
ČEZ akcie/DJ Euro Stoxx 50 index	48,96357	43,15347	2,01680
DJ Euro Stoxx 50 index/SAX index	0,00551	0,01331	0,07641
ČEZ akcie/CZK	0,15174	0,17498	0,16039
Zlato/Platina	2,14218	1,36771	1,42156
Platina/Paládium	1,94605	0,71506	0,87141
Zlato/USD	0,35431	0,02238	0,19176

Tab. 2.6 Hodnota decay faktoru pri odhade rozptylu

	99 dní	499 dní	699 dní
SKK/CZK	0,971	0,99	1
SKK/EUR	0,912	0,988	1
SKK/USD	1	0,907	1
SKK/GBP	0,919	0,958	1
ČEZ akcie	0	0,752	1
DJ Euro Stoxx 50 index	0,641	0,656	1
SAX index	0,975	0,957	1
Platina	0,701	1	0,998
Paládium	0,977	0,934	0,955

Tab. 2.7 Hodnota decay faktoru pri odhade kovariancie

	99 dní	499 dní	699 dní
<b>CZK/EUR</b>	0,909	0,986	0,99
<b>EUR/USD</b>	1	0,991	1
<b>USD/GBP</b>	0,918	0,956	0,978
<b>ČEZ akcie/DJ Euro Stoxx 50 index</b>	0,396	0,498	0,985
<b>DJ Euro Stoxx 50 index/SAX index</b>	1	0,957	0,999
<b>ČEZ akcie/CZK</b>	0,886	0,87	0,88
<b>Zlato/Platina</b>	0,838	0,941	0,934
<b>Platina/Paládium</b>	0,794	0,971	0,94
<b>Zlato/USD</b>	0,911	0,983	0,958

Analýza ukázala, že najväčšia zhoda je medzi 99-dňovou a 499-dňovou historickou časovou radou. Zahraničné meny a komodity si bez ohľadu na dĺžku obdobia udržiavajú takmer rovnakú volatilitu. Výnimkou je držba akcií spoločnosti ČEZ, ktorých rozptyl dosiahol 117,775 %. Táto náhla zmena je výsledkom extrémnej situácie, keď decay faktor zaznamenal pri 99-dňovej časovej rade hodnotu rovnú nule. Európsky index spolu s platinou boli v najkratšom časovom horizonte ovplyvnené na 36 % resp. 30 %. Tlmiace faktory zvyšných finančných inštrumentov sa pohybujú nad úroveň 0,90. Znamená to, že sú ovplyvnené nedávnymi zmenami na maximálne 10 %. Odhad kovariancie sa najviac odlišuje kombináciami s drahými kovmi a akciami spoločnosti ČEZ. Môžeme konštatovať, že v prípade použitia EWMA metódy je bezvýznamné udržiavať dlhé historické časové rady, pretože s krátkymi časovými radami pracuje EWMA metóda rovnako zodpovedne. Navyše, odhady trpia v dlhodobom horizonte na zovšeobecnenie, keďže zachytávajú všetky pohyby na trhu.

Keďže sa odhad rozptylu aktív a ich kovariancií EWMA metódou výrazne odlišuje iba v súvislosti s držbou akcií spoločnosti ČEZ či európskeho indexu a portfólio analyzované v diplomovej práci obsahuje 21 rizikových faktorov, museli by sme pre výpočet kovariancie EWMA metódou vytvoriť celkovo 210 kombinácií. Rozhodli sme sa preto i z časových dôvodov v nasledujúcich výpočtoch aplikovať nepodmienený odhad. V reálnych podmienkach však odporúčame použiť metódu EWMA. Navyše, ak odhadujeme VaR na krátke obdobia, kedy je dôležitý prvok aktuálnosti.

## 2.3 Mapovanie rizika

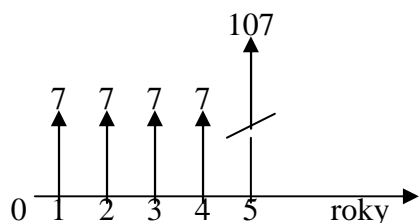
Mapovanie rizika je technika rozloženia úrokového rizika do štandardizovaných pozícií, pričom platí, že sa nezmení hodnota budúcich peňažných tokov. Rozlišujeme tieto typy mapovania rizika.

**Základné mapovanie** – úrokové riziko sa rovná priemernej dobe do splatnosti. Pozitívum tejto metódy je iba v jej jednoduchosti, nezodpovedá však skutočnému riziku.

**Mapovanie prostredníctvom durácie** - úrokové riziko je rovné durácii obligácie. Durácia predstavuje mieru rizika, ktoré spočíva v zmenách trhovej úrokovej miery. Tieto zmeny majú za následok zmeny cien dlhopisov. Durácia predstavuje vážený priemer dôb jednotlivých kupónových platieb, kde váhami sú jednotlivé diskontované kupónové platby. Bezcupónový dlhopis má duráciu rovnú dobe do splatnosti. S rastom kupónovej sadzby durácia klesá. Čím nižšia je durácia, tým menej je cena obligácie citlivá na fluktuácii úrokových sadzieb. Naopak dlhé splatnosti reagujú citlivejšie na zmenu sadzieb.

**Cash flow mapovanie** – úrokové riziko je dekomponované na budúce peňažné toky, ktoré diskontujeme príslušnou spotovou sadzbou podľa doby do splatnosti. Táto technika bude detailne opísaná v nasledujúcom texte a použijeme ju aj v aplikačnej časti.

Pre obligácie s kupónom sú budúcimi peňažnými tokmi výplata kupónov a v dobe splatnosti obligácie i splátka istiny. Uvažujme nákup 5-ročnej obligácie s nominálnou hodnotou 100 jednotiek a 7 % fixným kupónom, budúce peňažné toky sú znázornené nasledovne, vid' Obr. 2.1.

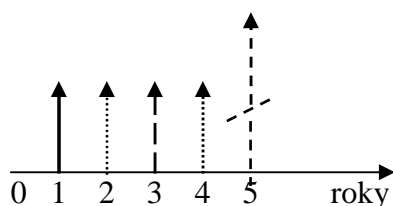


Obr. 2.1 Cash flow obligácie s fixným kupónom

Jednotlivé kupónové platby môžeme definovať aj ako bezcupónové obligácie s dobou splatnosti rovnakou výplate kupónov.

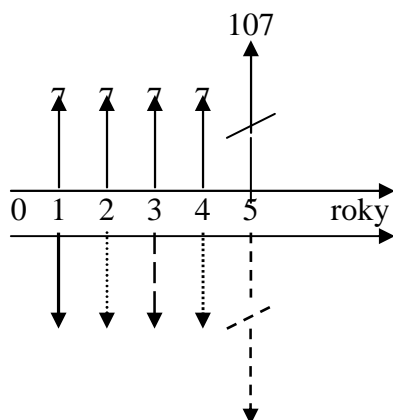
Nasledujúci Obr. 2.2 znázorňuje peňažné toky obligácie s plávajúcim kupónom, ktorého budúca výplata nie je vopred známa, keďže je viazaná na úrokovú sadzbu determinovanú trhom. Inak povedané, výška kupónovej sadzby je známa ex post. Najčastejšie sa odvíja od medzibankovej úrokovej sadzby, akou je v slovenských podmienkach BRIBOR (Bratislava Interbank Offered Rate).

Obr. 2.2 Cash flow obligácie s plávajúcim kupónom



Budúce peňažné toky úrokového swapu (IRS) znázornené v Obr. 2.3 môžeme obecné rozložiť na dve vetvy. Ak ide o výmenu pevnej úrokovej sadzby za pohyblivú, fixnú časť môžeme oceniť ako obligáciu s fixným kupónom a pohyblivá časť je ekvivalentom obligácie s plávajúcim kupónom.

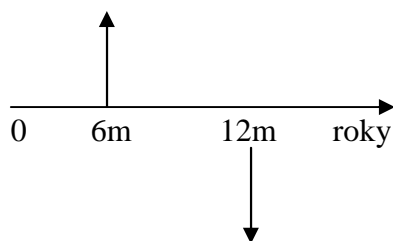
Obr. 2.3 Cash flow úrokového swapu



Úrokový forwardový kontrakt (FRA) zobrazený v Obr. 2.4 môžeme podobne ako IRS dekomponovať na dve obligácie s kupónom. Nech nakúpime 6×12 FRA. Znamená to, že budúce peňažné toky pozostávajú z nákupu 6-mesačnej obligácie a súčasne predaja 12-mesačnej obligácie.



Obr. 2.4 Cash flow úrokového forwardového kontraktu



Keďže sú väčšinou budúce peňažné toky pre jednotlivé obligácie realizované v rôznych obdobiach, je potrebné zoskupiť ich do časovo jednotných štruktúrovaných bodov. V tomto prípade použijeme metodológiu založenú na tzv. RiskMetrics bodoch rozložených na tieto časové momenty:

1m, 3m, 6m, 12m, 2 roky, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 15, 20, 30 rokov.

Okamžiky budúcich peňažných tokov odlišné od týchto izolovaných bodov rozvrhneme pomocou RiskMetrics interpolácie, ktorou priradíme pôvodnému peňažnému toku váhy určujúce hodnoty pre najbližšie RiskMetrics body. Napríklad pôvodný peňažný tok nastane o štyri mesiace. RiskMetrics interpoláciou priradíme časť budúceho peňažného toku na dobu splatnosti 3m a časť na dobu splatnosti 6m.

Z takto rozvrhnutých peňažných tokov vypočítame trhovú cenu obligácie (vnútornú hodnotu dlhopisu, korektnú cenu obligácie,  $TC$ ), ktorá sa rovná súčasnej hodnote všetkých budúcich peňažných tokov ( $CF$ ) danej obligácie:

$$\sum_t CF_t \cdot (1+y)^{-t} = TC. \quad (2.21)$$

Výnos do splatnosti ( $y$ ) použitý pri výpočte by mal vychádzať z trhovej úrokovej miery obdobných investičných príležitostí (rovnakej triedy obligácií). Túto úrokovú mieru nazývame aj vnútorným výnosovým percentom (Interest Rate of Return, IRR) či výnosom do splatnosti (Yield to Maturity, YTM), ktorý nám udáva priemerný ročný výnos, ktorý investor získa zakúpením dlhopisu a jeho držaním až do okamžiku splatnosti. Čím neistejšia, riskantnejšia je budúca hodnota investície, tým vyššie výnosové kritérium musíme požadovať. Grafickou interpretáciou výnosov do splatnosti sú výnosové krivky, ktoré udávajú vzťah medzi výnosom do splatnosti a dobou do splatnosti. Môžeme zostaviť spotové alebo forwardové výnosové krivky. Výnosová krivka sa konštruuje pre konkrétne dlhopisy, ktoré sa

líšia práve iba dobou do splatnosti. Trend výnosových kriviek býva v praxi najčastejšie rastúci. To znamená, že s dlhšou dobou do splatnosti možno očakávať vyšší výnos. Klesajúca výnosová krivka sa môže objaviť vtedy, ak investori očakávajú, že úrokové miery budú v budúcnosti nižšie. O vysvetlenie tvaru výnosových kriviek sa zaoberajú rôzne ekonomické teórie – teória očakávania, teória preferencie likvidity či teória segmentovaných trhov. Najčastejšie sa výnosové krivky zostavujú z rady obligácií s nulovým kupónom. Ak zerobondov nie je dostatok, je možné použiť i obligácie s kupónom. Konštatujúc, že úrokový swap môžeme rozložiť na obligácie, považujeme za výnos do splatnosti aj IRS sadzby.

## 2.4 Boot Strapping metóda

Táto metóda bola vyvinutá na Cambridgeskej univerzite. Počíta spotový výnos pre rôzne doby do splatnosti z rady obligácií s kupónom. Výhodou je jej relatívna jednoduchosť. Potrebujeme poznať nominálnu hodnotu obligácie  $NH$ , jej trhovú cenu  $TC$ , kupónovú platbu  $C$  a dobu do splatnosti budúcich peňažných tokov  $t$ . Boot Strapping metódu môžeme odľahčene prirovnať k šnurovaniu topánok. Matematicky to znamená, že hodnota nasledujúcej spotovej sadzby je postupne odvodená od súčtu predchádzajúcich výpočtov.

Vychádzajúc z obecného predpisu (2.21) odvodíme výnos do splatnosti nasledovne. Pre 1. obdobie ( $y_1$ ) platí, že:

$$TC_1 = \frac{C + NH}{(1 + y_1)^1},$$

a teda

$$y_1 = \left( \frac{C + NH}{TC_1} \right)^1 - 1. \quad (2.22)$$

Výnos do splatnosti dvoch rokov ( $y_2$ ) odvodíme za predpokladu, že:

$$TC_2 = \frac{C}{(1 + y_1)^1} + \frac{C + NH}{(1 + y_2)^2},$$

$$D_1 = \frac{1}{(1+y_1)^1},$$

$$TC_2 = C \cdot D_1 + \frac{C+NH}{(1+y_2)^2},$$

a teda

$$y_2 = \left( \frac{C+NH}{TC_2 - C \cdot D_1} \right)^{\frac{1}{2}} - 1. \quad (2.23)$$

Výnos do splatnosti troch rokov ( $y_3$ ) je odvodený:

$$TC_3 = \frac{C}{(1+y_1)^1} + \frac{C}{(1+y_2)^2} + \frac{C+NH}{(1+y_3)^3},$$

$$D_1 = \frac{1}{(1+y_1)^1},$$

$$D_2 = \frac{1}{(1+y_2)^2},$$

$$TC_3 = C \cdot (D_1 + D_2) + \frac{C+NH}{(1+y_3)^3},$$

a teda

$$y_3 = \left( \frac{C+NH}{(TC_3 - C \cdot (D_1 + D_2))} \right)^{\frac{1}{3}} - 1, \quad (2.24)$$

kde  $D_1$  a  $D_2$  sú diskontné faktory.

Analogicky môžeme postupovať pre výnosy do splatnosti  $n$  rokov. Celý výpočet môžeme zovšeobecniť, keď pre výpočet výnosu do splatnosti jedného roka použijeme odvodený vzťah z (2.22) Obecný predpis pre výnos do splatnosti dva a viac rokov je nasledovný:

$$y_n = \left( \frac{C+NH}{TC_n - C \cdot \sum_{i=1}^{n-1} D_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1. \quad (2.25)$$

## 2.5 Doplnkové formy odhadu Value at Risk

Používame ich pre komplexnejšie zhodnotenie odhadu Value at Risk. Ich zmyslom je interpretovať vplyvy aktív vnútri sledovaného portfólia. Pomáhajú teda finančným manažérom v rozhodovacích procesoch, kedy je nutné zvoliť správnu stratégiu nákupu či predaja finančných inštrumentov s cieľom minimalizovať potenciálne straty. Rozlišujeme tieto formy interpretácie Value at Risk.

**Hraničná (Marginal) VaR** - určuje citlivosť zmeny ziskov a strát jednotlivých aktív na zmenu VaR portfólia. Táto citlivosť zmeny je vyjadrená beta koeficientom. Hraničnú VaR odvodíme nasledovne:

$$\Delta VaR = \beta \cdot VaR, \quad (2.26)$$

$$\Delta VaR = \beta \cdot \alpha \cdot \sigma_p, \quad (2.27)$$

$$\Delta VaR = \frac{\sigma_{ip}}{\sigma_p^2} \alpha \cdot \sigma_p, \quad (2.28)$$

$$\Delta VaR = \frac{\sigma_{ip}}{\sigma_p} \alpha, \quad (2.29)$$

kde  $\sigma_{ip}$  vyjadruje kovariančný vzťah medzi  $i$ -tým aktívom a daným portfóliom,  $\sigma_p^2$  je rozptyl sledovaného portfólia. Maticový zápis beta koeficienta je nasledovný:

$$\beta = \frac{Cx}{x'Cx}, \quad (2.30)$$

kde  $C$  je kovariančná matica a  $x'Cx$  je rozptyl portfólia.

Hraničnú VaR môžeme odvodiť i použitím korelácie podľa vzťahu z (2.15):

$$\Delta VaR = \frac{\rho_{ip} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_p}{\sigma_p^2} \alpha \cdot \sigma_p, \quad (2.31)$$

$$\Delta VaR = \rho_{ip} \cdot \sigma_i \cdot \alpha, \quad (2.32)$$

kde  $\rho_{ip}$  vyjadruje koreláciu medzi  $i$ -tým aktívom a daným portfóliom.

**Čiastková (Component) VaR** - je vyjadrením marginálnej VaR v peňažných jednotkách. Udáva, aký podiel má VaR každého aktíva na celkovom VaR a je zhodná s diverzifikovanou VaR. Vyjadríme ju nasledovne:

$$CVaR_i = \Delta VaR_i \cdot x_i, \quad (2.33)$$

kde  $\Delta VaR_i$  je hraničná VaR  $i$ -tého aktíva a  $x_i$  je hodnota  $i$ -tého aktíva vyjadrená v peňažných prostriedkoch. Pre jednoduchšiu interpretáciu ju vyjadrujeme v percentách

**Prírastková (Incremental) VaR** - meria celkový dopad nákupu či predaja finančných inštrumentov na portfólio. Pokles VaR znamená, že zmena aktív (nákup, predaj, výmena) znižuje riziko. Vyjadríme ju ako:

$$IVaR = (\Delta VaR)' \varpi, \quad (2.34)$$

kde  $(\Delta VaR)'$  je transponovaný vektor hraničnej VaR a  $\varpi$  je vektor dodatočných expozícií, čiže prírastok resp. úbytok investovaných peňažných jednotiek do daných aktív.

### 3 APLIKÁCIA A OVERENIE DELTA-NORMAL METÓDY NA PORTFÓLIU AKTÍV

Uvažujme portfólio, ktoré pozostáva z 18 finančných inštrumentov. Menové riziko reprezentuje osem zahraničných mien. Akciové riziko vyplýva z držby jednej zahraničnej akcie, domáceho burzového indexu a európskeho indexu. Komoditné riziko je prezentované troma drahými kovmi a úrokové riziko vyplýva z držby jednej obligácie s fixným kupónom, jednej obligácie s plávajúcim kupónom, jedným úrokovým forwardovým kontraktom (FRA) a jedným úrokovým swapom (IRS). Úlohou je ku dňu 24.01.2008 vypočítať použitím delta-normal metódy jednodenný VaR v slovenských korunách na hladine pravdepodobnosti 95%. Tab. 3.1 obsahuje zloženie portfólia a hodnoty jednotlivých aktív v ich národných menách.

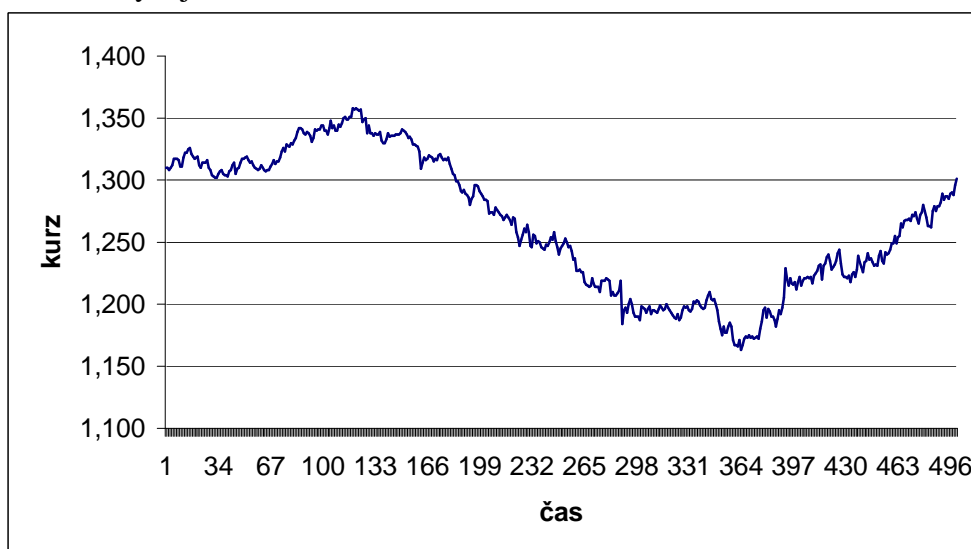
Tab. 3.1 Zloženie portfólia aktív

Finančný inštrument	Hodnota aktív
<b>CZK</b>	800000 CZK
<b>EUR</b>	35000 EUR
<b>JPY</b>	3800000 JPY
<b>HUF</b>	7000000 HUF
<b>PLN</b>	150000 PLN
<b>CHF</b>	45000 CHF
<b>USD</b>	48000 USD
<b>GBP</b>	23000 GBP
<b>ČEZ akcie</b>	750000 CZK
<b>DJ Euro Stoxx 50 index</b>	30000 EUR
<b>SAX index</b>	1100000 SKK
<b>Zlato</b>	40000 USD
<b>Platina</b>	38000 USD
<b>Paládium</b>	45000 USD
<b>Štátny dlhopis s fixným kupónom</b>	1000000 SKK
<b>Štátny dlhopis s plávajúcim kupónom</b>	1000000 SKK
<b>Úrokový forwardový kontrakt</b>	5000000 SKK
<b>Úrokový swap</b>	5000000 SKK

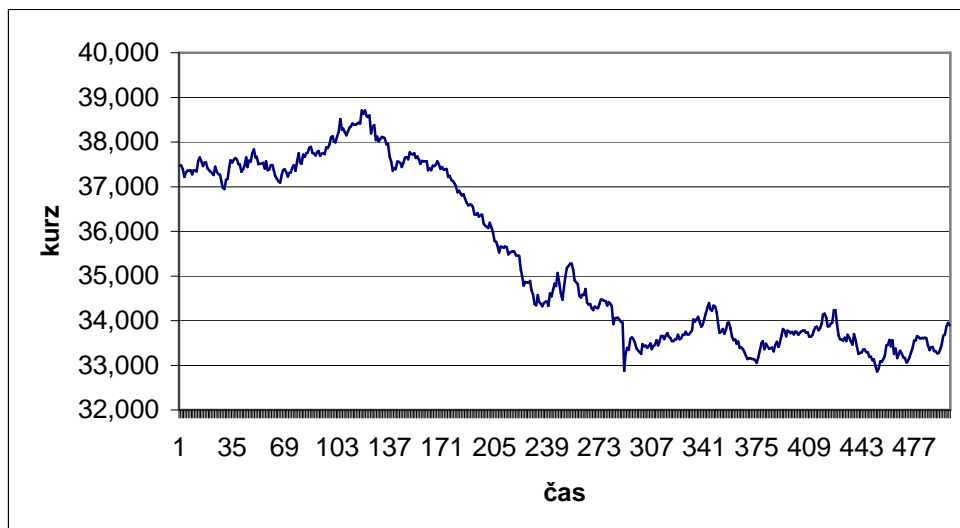
### 3.1 Vstupné dáta zahraničných mien, akciových titulov a komodít

Časová rada cien akciových titulov, cien komodít a kurzov zahraničných mien je zostavená ku dňu 24.01.2008. Obr. 3.1 až Obr. 3.10 obsahujú historické jednodenné zmeny za posledných 500 obchodných dní. Kurzy zahraničných mien nájdeme na webovej stránke [www.nbs.sk](http://www.nbs.sk). Pri zbere dát na akciové tituly a komodity sme použili transakčné uzatváracie ceny. Ceny akcií spoločnosti ČEZ nájdeme na webovej stránke [www.kurzy.cz](http://www.kurzy.cz), ceny DJ Euro Stoxx 50 indexu nájdeme na webovej stránke [www.penize.cz](http://www.penize.cz) a ceny SAX indexu nájdeme na webovej stránke [www.bcpb.sk](http://www.bcpb.sk). Ceny komodít nájdeme na webovej stránke [www.stocktrading.cz](http://www.stocktrading.cz).

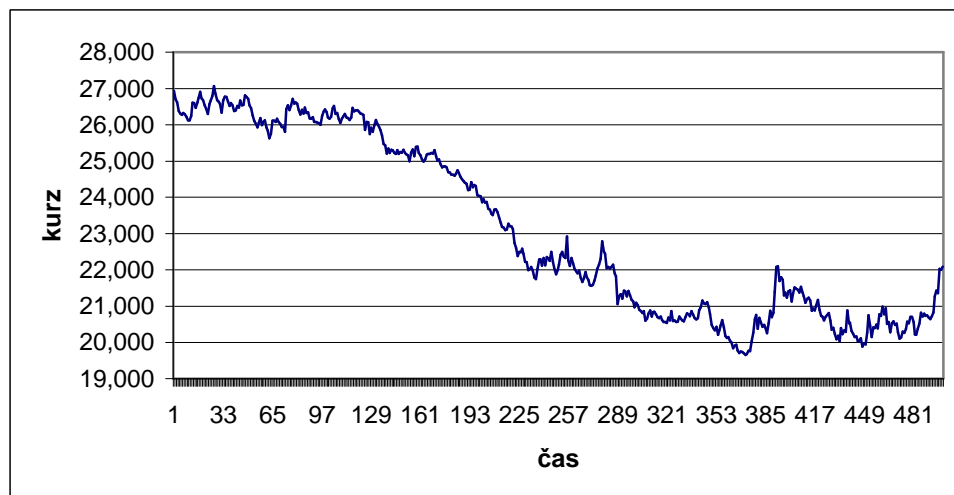
Obr. 3.1 Vývoj kurzu SKK/CZK



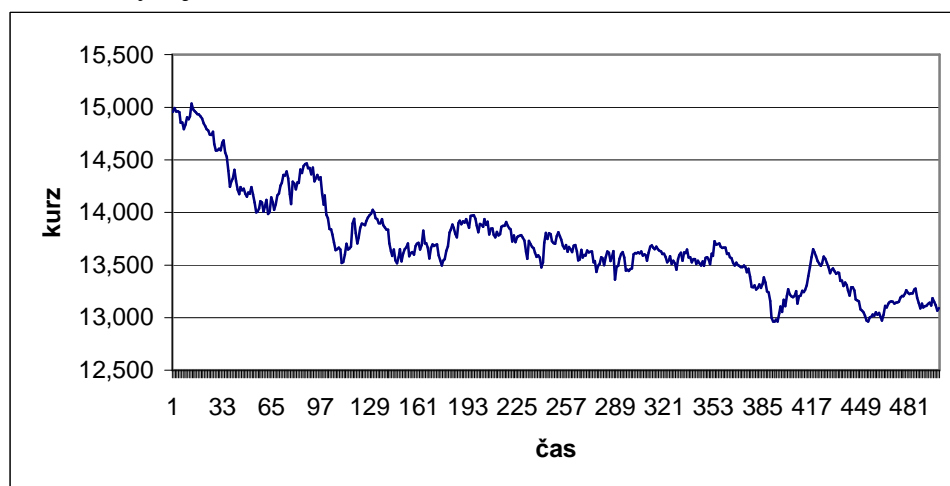
Obr. 3.2 Vývoj kurzu SKK/EUR



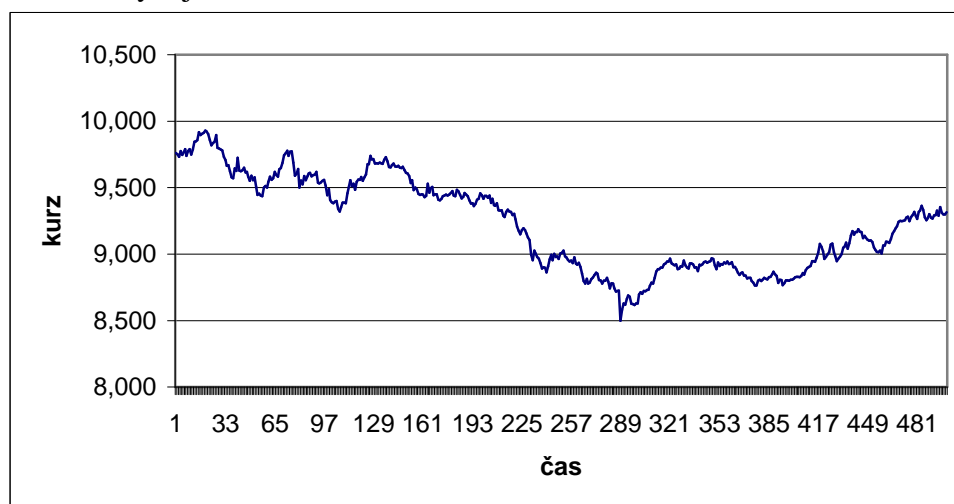
Obr. 3.3 Vývoj kurzu SKK/100 JPY



Obr. 3.4 Vývoj kurzu SKK/100 HUF

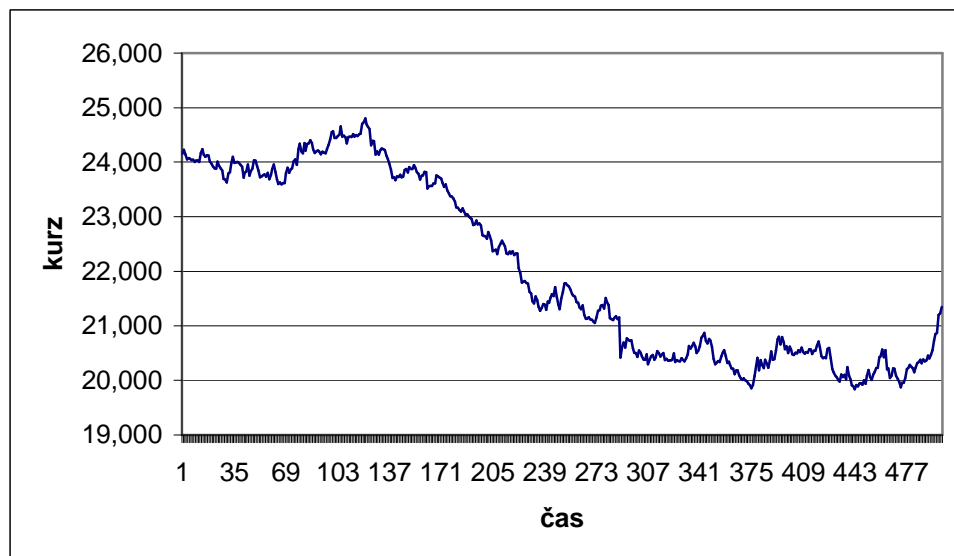


Obr. 3.5 Vývoj kurzu SKK/PLN

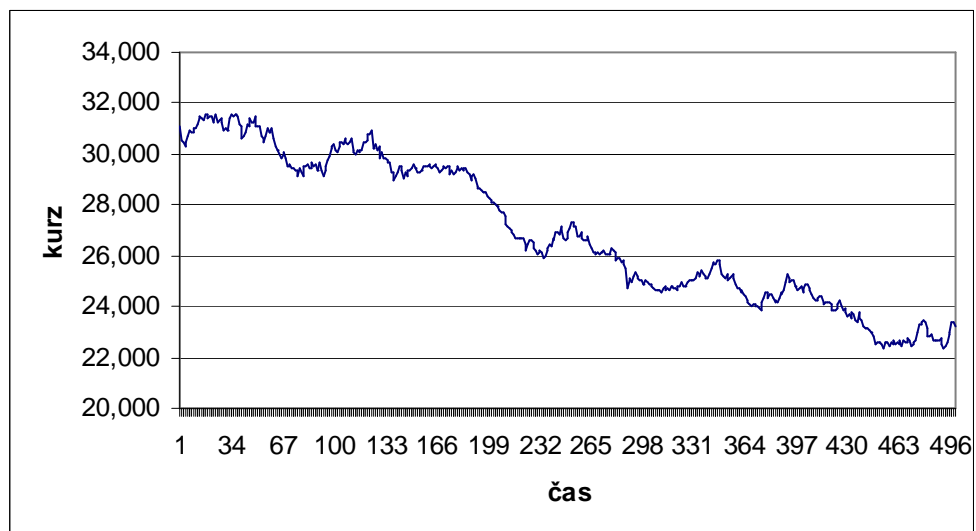




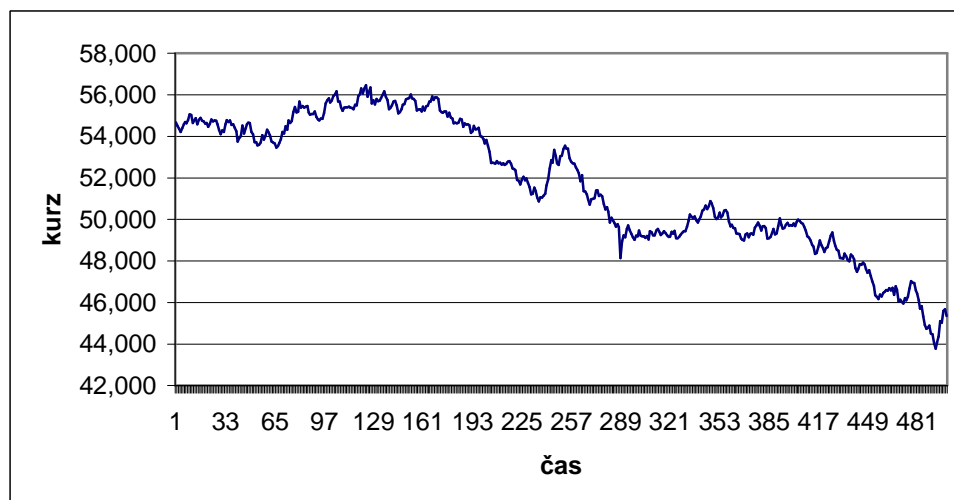
Obr. 3.6 Vývoj kurzu SKK/CHF



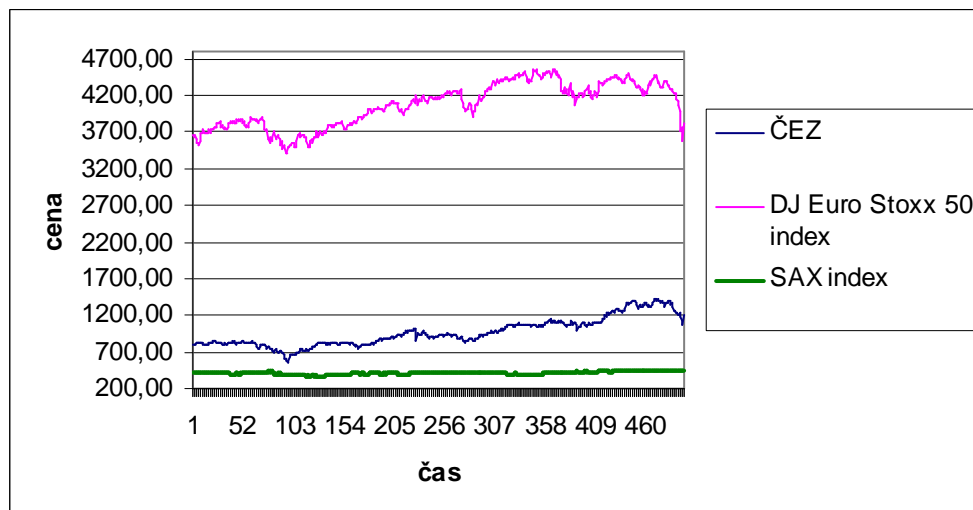
Obr. 3.7 Vývoj kurzu SKK/USD



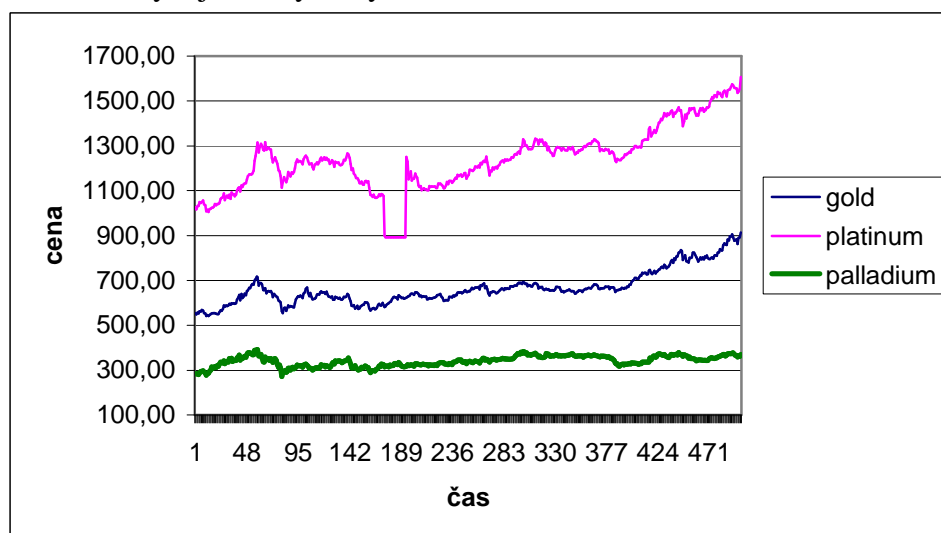
Obr. 3.8 Vývoj kurzu SKK/GBP



Obr. 3.9 Vývoj cien vybraných akciových titulov



Obr. 3.10 Vývoj cien vybraných komodít



Slovenská koruna vo vzťahu k zahraničným menám dlhodobo posilňuje. Výnimkou môže byť česká koruna, ktorá je za sledované obdobie napriek krátkodobým zmenám na približne rovnakej úrovni. Zatiaľ čo oba indexy zaznamenali v sledovanom horizonte iba minimálne zmeny, hodnota akcií spoločnosti ČEZ sa znásobila približne 1,5 krát. Drahé kovy dlhodobo zvyšujú na hodnotu. Ich rastúci trend je navyše pomerne stabilný s výnimkou platiny, ktorej hodnota v čase zvykne kolísať. Tab. 3.2 zachytáva štatistické údaje sledovaných kurzov zahraničných mien, cien akciových titulov a komodít k 24.01.2008 za posledných 500 obchodných dní.

Tab. 3.2 Štatistika vývoja kurzov zahraničných mien, cien akciových titulov a komodít

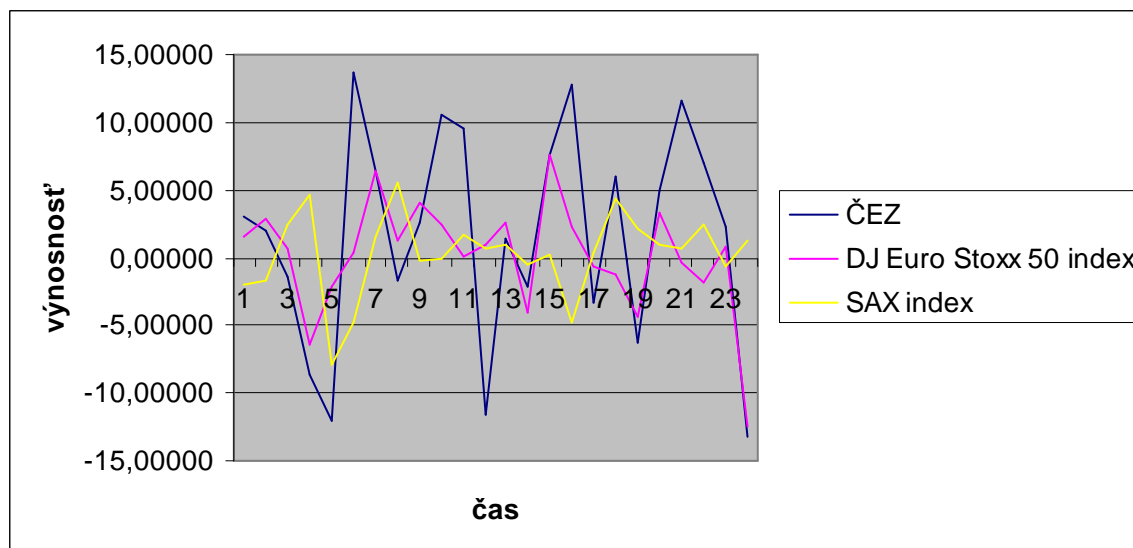
Finančný inštrument	priemer	min	max	medián	najstarší	najnovší
<b>SKK/CZK</b>	1,265	1,163	1,358	1,266	1,310	1,301
<b>SKK/EUR</b>	35,378	32,861	38,710	34,575	37,476	33,889
<b>SKK/100JPY</b>	23,076	19,652	27,068	22,165	26,931	22,092
<b>SKK/100HUF</b>	13,719	12,964	15,034	13,638	14,957	13,091
<b>SKK/PLN</b>	9,227	8,501	9,931	9,248	9,763	9,316
<b>SKK/CHF</b>	22,013	19,840	24,806	21,438	24,157	21,343
<b>SKK/USD</b>	26,941	22,341	31,580	26,453	31,053	23,245
<b>SKK/GBP</b>	51,689	43,790	56,467	51,801	54,682	35,351
<b>ČEZ akcie</b>	966,656	565,500	1423,000	923,350	796,200	1196,000
<b>DJ Euro Stoxx 50 index</b>	4068,329	3408,020	4557,570	4110,955	3670,200	3809,070
<b>SAX index</b>	413,315	372,430	452,100	412,870	416,360	449,130
<b>Zlato</b>	666,100	541,000	913,600	652,330	554,490	913,600
<b>Platina</b>	1237,129	892,000	1607,990	1237,495	1026,000	1607,990
<b>Paládium</b>	341,168	271,500	392,510	342,755	284,000	370,000

### 3.2 Stanovenie vstupných parametrov rizikových faktorov

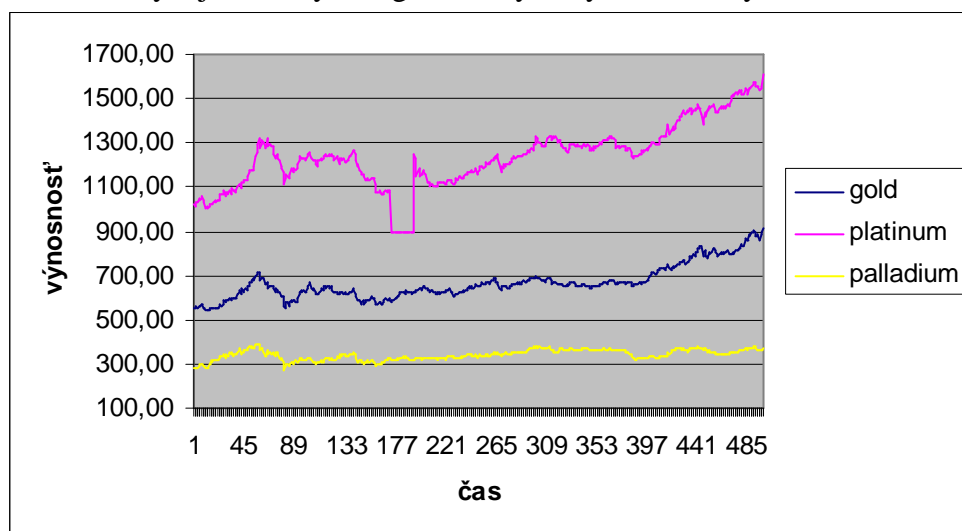
Sledované portfólio obsahuje celkovo 21 rizikových faktorov. Označíme ich nasledovne: SKK/CZK, SKK/EUR, SKK/100JPY, SKK/100HUF, SKK/PLN, SKK/CHF, SKK/USD, SKK/GBP, ČEZ akcie, DJ Euro Stoxx 50 index, SAX index, Zlato, Platina, Paládium, 1R IRS, 2R IRS, 3R IRS, 4R IRS, 5R IRS, 6M BRIBOR, 12M BRIBOR. Takto zložené portfólio budeme v nasledujúcom texte označovať transformované portfólio. Vstupné parametre rizikových faktorov získame z hrubých dát finančných inštrumentov prevedením na radu výnosov. Hrubé dáta zahraničných mien, akciových titulov a komodít transformujeme podľa vzorca (2.6) na denné logaritmické výnosy. Získame tak časovú radu 499 denných výnosov. Obr. 3.11 až Obr. 3.13 znázorňujú mesačné výnosy akciových titulov, komodít a zahraničných mien. Za mesiac považujeme 21 obchodných dní s výnimkou historicky najstaršieho mesačného výnosu skonštruovaného len zo 16 obchodných dní. V prípade finančných inštrumentov podliehajúcich úrokovému riziku (obligácie, úrokové forwardové kontrakty či úrokové swapy) je časová rada výnosov zostavená z výnosov do splatnosti pre jednotlivé obdobia ( $y$ ). Získame ich ako mieru výnosnosti z rady bezkupónových obligácií či použitím Boot Strapping metódy, viď kapitola 2.4, aplikovanej na historickej rade obligácií s kupónom. V prípade, že nie je na trhu obligácií dostatok informácií (predovšetkým počet obligácií s rôznou dobou do splatnosti a dostatočná časová rada ich trhových cien), môžeme

považovať za výnosy do splatnosti úrokové sadzby swapových inštrumentov - IRS sadzby. Z uvedených možností sme použili IRS sadzby, keďže slovenský trh s obligáciami nie je ešte dostatočne rozvinutý a neposkytuje postačujúce informácie. Označenia 1R IRS až 5R IRS vyjadrujú IRS sadzby pre rôzne doby do splatnosti a sú zároveň rizikové faktory obligácií s fixným kupónom. Úrokové sadzby 6M BRIBOR a 12M BRIBOR sú zase rizikovými faktormi pre obligácie s plávajúcim kupónom. Obr. 3.14 a Obr. 3.15 znázorňujú časovú radu 499 jednodenných slovenských IRS sadzieb resp. BRIBOR sadzieb. Slovenské IRS sadzby nájdeme na webových stránkach [www.reuters.com](http://www.reuters.com) a BRIBOR sadzby nájdeme na webových stránkach [www.nbs.sk](http://www.nbs.sk).

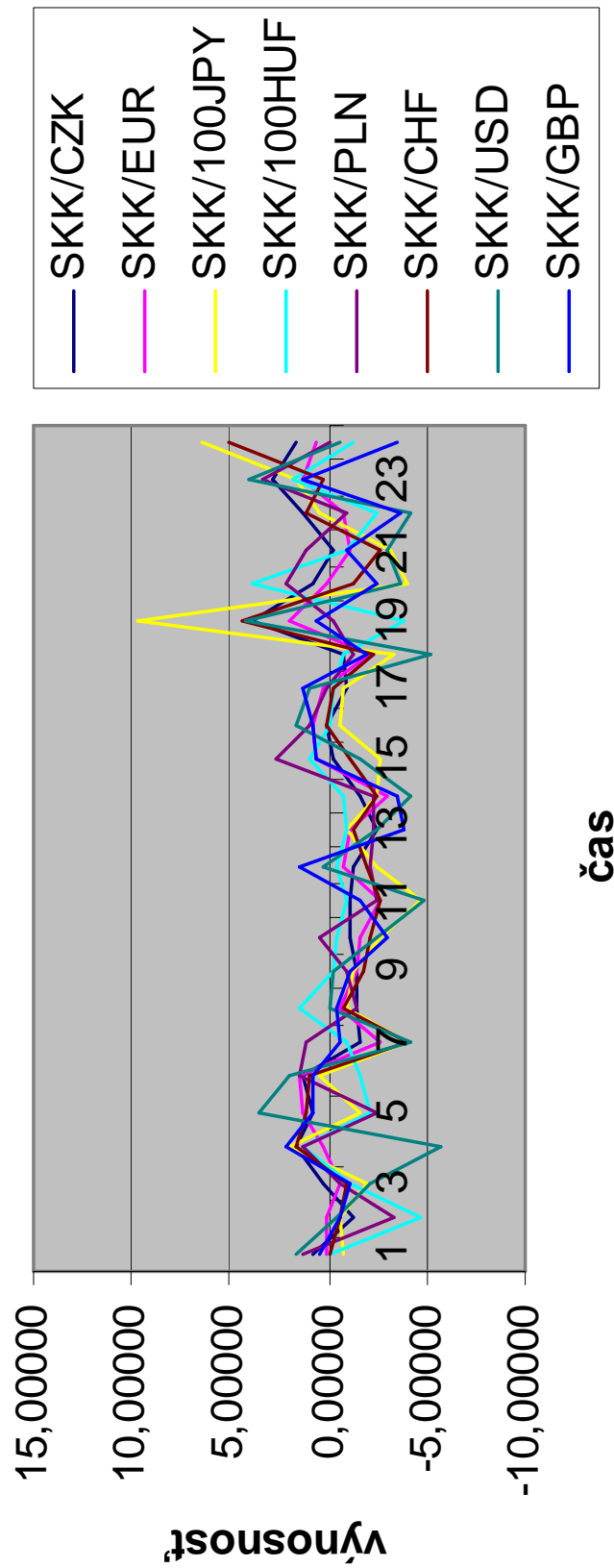
Obr. 3.11 Vývoj mesačných logaritmickej výnosov akciových titulov



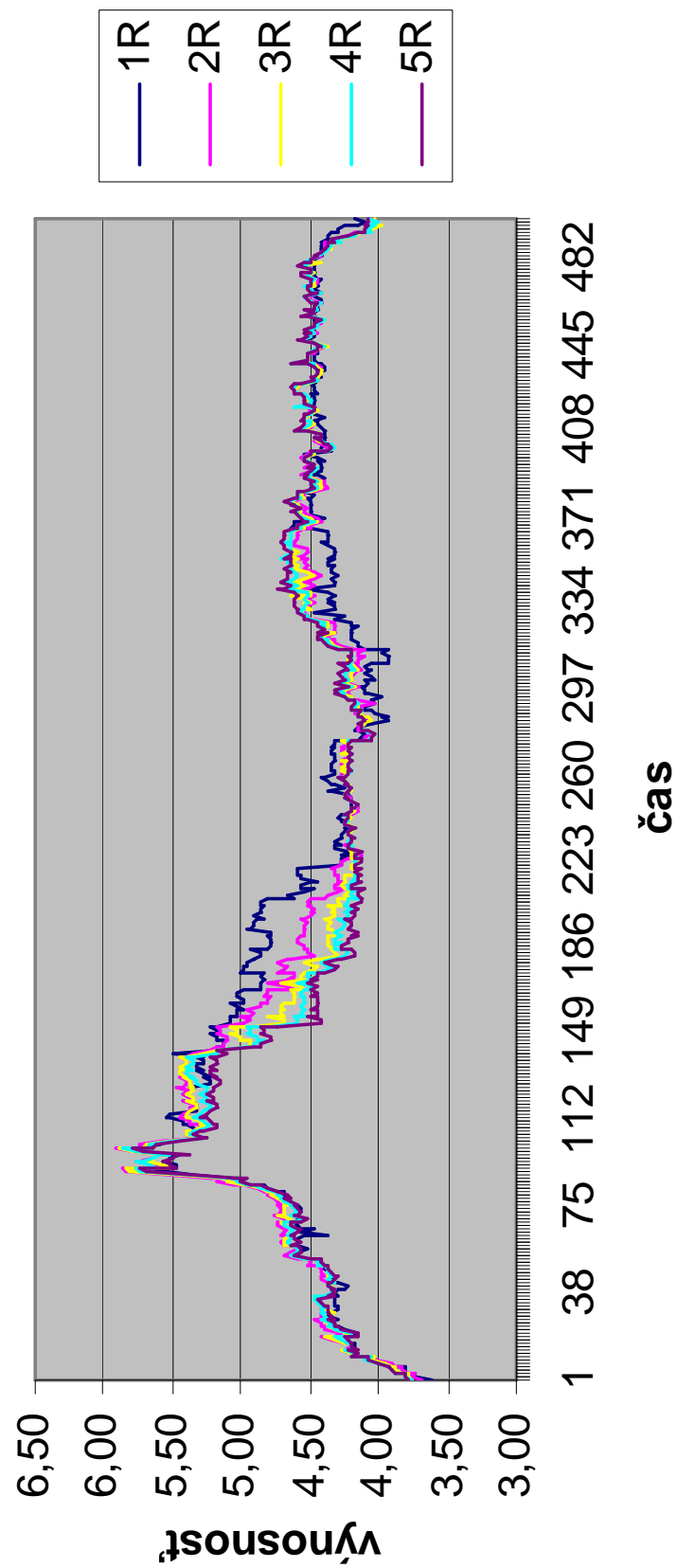
Obr. 3.12 Vývoj mesačných logaritmickej výnosov drahých kovov



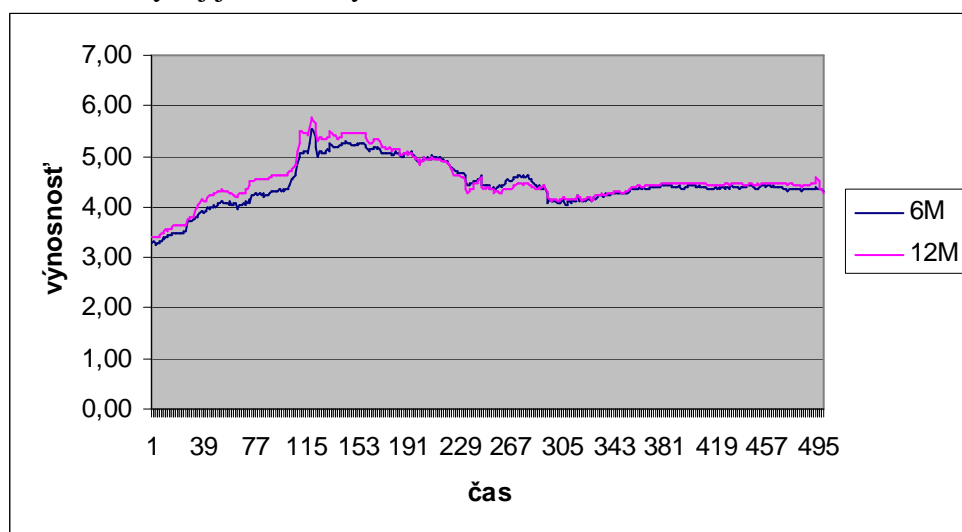
Obr. 3.13 Vývoj mesačných logaritmickej výnosov zahraničných mien



Obr. 3.14 Vývoj jednodenných slovenských IRS sadziieb



Obr. 3.15 Vývoj jednodenných BRIBOR sadzieb



Najväčšiu volatilitu spomedzi akciových titulov zaznamenali výnosy akcií spoločnosti ČEZ. V súvislosti s komoditami môžeme postrehnúť, že výnosy zlata pomerne dobre kopírujú výnosy paládia. Spomedzi mien najviac kolíše japonský jen. Výnosové krivky obligácií majú za normálnych okolností rastúci trend. Znamená to, že s rastúcou dobou do splatnosti požadujeme vyššie výnosy. V súvislosti s IRS sadzbami je výnimkou iba obdobie medzi zhruba 140. a 220. obchodným dňom, kedy dlhodobé IRS sadzby výraznejšie prepadli pod úroveň krátkodobých. Medzibankové úrokové sadzby sa v poslednej dobe výrazne nemenili. Kopírujú sa, no s ohľadom na dobu do splatnosti (12M BRIBOR je výnosnejší než 6M BRIBOR).

### 3.3 Odhad kovariančnej matice

Kovariančná matica je zostavená z historickej časovej rady 499 jednodenných výnosov 21 rizikových faktorov a obsahuje celkovo 210 vzájomných kombinácií. Určili sme ju pomocou modulu v Exceli: *Nástroje/Analýza dát/Kovariancia*. Pripomíname, že na hlavnej diagonále sa nachádzajú rozptyly jednotlivých rizikových faktorov. Zostavená kovariančná matica nie je obmedzená len na štatistickú závislosť vnútri jednotlivých druhov rizík (akciové, menové, úrokové, komoditné), ale zachytáva aj štatistické väzby medzi prvotne nesúvisiacimi kombináciami rizikových faktorov, čím presnejšie odhaduje trhové riziko (napríklad kombinácia zlata a českej koruny). Štatistickú závislosť medzi aktívami jednoduchšie interpretujeme z korelačnej matice zostavenej obdobným spôsobom pomocou modulu

v Exceli: *Nástroje/Analýza dát/Korelácia*. Vyberieme napríklad kombináciu švajčiarskeho franku a eura. Korelácia na úrovni 0,86 znamená, že aktíva sú pozitívne korelované, ich zmeny sa pohybujú rovnakým smerom. Pokles eura o 1 jednotku spôsobí pokles švajčiarskeho franku o 0,86 jednotky a opačne. Euro a švajčiarsky frank sú teda vzájomne závislé na 86%. Ide o významnú štatistickú závislosť. Najvyššiu pozitívnu štatistickú závislosť zaznamenávajú IRS sadzby medzi sebou navzájom (79,4 % až 99,2 %) a rovnako medzi sebou navzájom aj sadzby BRIBOR (96,6 %). Záporné korelácie sa vyskytujú v menšom rozsahu než pozitívne korelácie. Najväčší počet záporných korelácií (trinásť) zaznamenávajú kombinácie spoločnosti ČEZ s ostatnými aktívami. Najväčšia záporná korelácia (16 %) je medzi japonským jenom a akciami spoločnosti ČEZ. Nenastal prípad, že by sa v transformovanom portfóliu nachádzali nekorelované aktíva. Kovariančná matica je pre svoju veľkosť zobrazená v Prílohe 1.

### 3.4 Aplikácia cash flow mapovania

Zmyslom cash flow mapovania je určiť súčasnú hodnotu budúcich hotovostných tokov jednotlivých aktív. Budúce hotovostné toky obligácií s fixným či plávajúcim kupónom sú reprezentované výplatami kupónov a splátkami istín v dobre ich splatnosti. Tab. 3.3 obsahuje charakteristiky štátnych dlhopisov s kupónom. Budúce hotovostné toky lineárnych derivátov reprezentovaných úrokovým forwardovým kontraktom a úrokovým swapom získame tak, že tieto finančné inštrumenty rozložíme na radu obligácií, viď Tab. 3.4. Nákup 6x12 FRA v objeme 5 mil. SKK dňa 18.01. 2008 sme rozložili na obligáciu s fixným kupónom s dobou do splatnosti jedného roka a obligáciu s plávajúcim kupónom s dobou do splatnosti pol roka. Podobne i úrokový swap (IRS) na výmenu fixnej úrokovej sadzby za plávajúcu úrokovú sadzbu na jeden rok kúpený dňa 21.01. 2008 v objeme 5 mil. SKK môžeme rozdeliť na dve obligácie s dobami do splatnosti jedného roka. Nominálna hodnota s mínusom vyjadruje odliv peňažných prostriedkov a nominálna hodnota s plusom vyjadruje príjem peňažných prostriedkov. Takto definované budúce peňažné toky priradíme k stanoveným rizikovým faktorom v súlade s dobou do splatnosti. Napríklad rizikový faktor 1R IRS obsahuje všetky budúce peňažné toky obligácií s fixným kupónom, ktoré nastanú o jeden rok. Rizikový faktor 4R IRS obsahuje všetky budúce peňažné toky obligácií s fixným kupónom, ktoré nastanú práve za 4 roky. Rizikový faktor 6M MBRIBOR obsahuje všetky budúce peňažné toky obligácií s plávajúcim kupónom, ktoré nastanú o pol roka.



Tab. 3.3 Charakteristika štátnych dlhopisov s kupónom

Parameter	Štátny dlhopis s fixným kupónom	Štátny dlhopis s plávajúcim kupónom
Dátum emisie	22.01.2003	21.01.2004
Dátum splatnosti	22.01.2013	21.01.2009
Nominálna hodnota (SKK)	100000	100000
Kupón (%)	5	12M BRIBOR
Periódá výplaty kupónu	ročne	ročne
Počet (ks)	10	10

zdroj: www.bcpb.sk

Tab. 3.4 Rozloženie úrokového forwardového kontraktu (FRA) a úrokového swapu (IRS)

Parameter	Forward Rate Agreement (FRA)		Interest Rate Swap (IRS)	
	Dlhopis s fixným kupónom	Dlhopis s plávajúcim kupónom	Dlhopis s fixným kupónom	Dlhopis s plávajúcim kupónom
Dátum emisie	18.01.2008	18.01.2008	21.01.2008	21.01.2008
Dátum splatnosti	18.01.2009	18.07.2008	21.01.2009	21.01.2009
Nominálna hodnota (SKK)	5000000	-5000000	-5000000	5000000
Kupón (%)	2,95	6M BRIBOR	4,26	12M BRIBOR+1
Periódá výplaty kupónu	ročne	polročne	ročne	ročne
Počet (ks)	1	1	1	1

zdroj: obchodná banka

Budúce hotovostné toky takto definovaných rizikových faktorov prevedieme podľa vzťahu (2.21) ku dňu 24.01.2008 na ich súčasné hodnoty. Najprv však overíme, či sa doby budúcich peňažných tokov zhodujú s RiskMetrics bodmi. V našom prípade je rozdiel zanedbateľný a postačí aplikovať lineárnu interpoláciu. Napríklad, peňažný tok štátneho dlhopisu s plávajúcim kupónom bude realizovaný vždy k 21.01.. Odo dňa odhadu VaR je teda vychýlený o tri dni. Znamená to, že dobu do splatnosti jedného roka ( $t$ ) upravíme na dobu  $357/360$ . Výnosy do splatnosti pre jednotlivé obdobia ( $y$ ) sú totožné s IRS sadzbami pre obligácie s fixným kupónom a so sadzbami BRIBOR pre obligácie s plávajúcim kupónom ku dňu 24.01.2008.

Súčasná hodnota finančných inštrumentov podliehajúcich menovému, akciovému a komoditnému riziku je rovná ich aktuálnej hodnote, ktorú denominujeme na hodnotu v SKK podľa platného kurzového lístka NBS ku dňu 24.01.2008. Tab. 3.5 obsahuje peňažné toky všetkých rizikových faktorov ku dňu 24.01. 2008.

Tab. 3.5 Štruktúra súčasných hodnôt rizikových faktorov transformovaného portfólia

Rizikový faktor	Budúce peňažné toky (SKK)	Súčasná hodnota CF (SKK)
SKK/CZK	-	1040800,00
SKK/EUR	-	1186115,00
SKK/100JPY	-	839496,00
SKK/100HUF	-	916370,00
SKK/PLN	-	1397400,00
SKK/CHF	-	960435,00
SKK/USD	-	1115760,00
SKK/GBP	-	1043073,00
ČEZ akcie	-	975750,00
DJ Euro Stoxx 50 index	-	1016670,00
SAX index	-	1100000,00
Zlato	-	929800,00
Platina	-	883310,00
Paládium	-	1046025,00
1R IRS	-15500	-12084,43
2R IRS	50000	46192,27
3R IRS	50000	44398,57
4R IRS	50000	42625,33
5R IRS	1050000	859711,79
6M BRIBOR	-5218500	-5114344,26
12M BRIBOR	6319400	6061571,06
<b>suma</b>	-	<b>16379074,33</b>

### 3.5 Prepočet čiastkových zložiek VaR

V Tab. 3.6 sú znazornené čiastkové zložky potrebné pre odhad VaR. Podiel aktív ( $x$ ) v transformovanom portfóliu je prezentovaný súčasnou hodnotou rizikových faktorov z Tab. 3.5. Zdôrazňujeme, že rizikové faktory 1R IRS až 12M BRIBOR zahŕňajú v sebe aktíva podliehajúce úrokovému riziku vyjadrené obligáciami s rôznou dobou do splatnosti. Celkový objem investovaných peňažných prostriedkov činí 16379074,33 SKK. Smerodajná odchýlka rizikových faktorov ( $\sigma$ ) je určená podľa (2.13) z rozptylov rizikových faktorov nachádzajúcich sa na hlavnej diagonále kovariančnej matice. Potvrdili sa grafické interpretácie i obecný predpoklad, že spravidla najmenej riziková býva držba obligácií. K tomuto hodnoteniu môžeme pridať i vlastníctvo aktív v zahraničných menách, ktoré sú v dlhodobom horizonte spolu s výnosmi do splatnosti obligácií približne rovnako rizikové.

Spomedzi zahraničných mien vykazujú zvýšenú volatilitu iba japonský jen a americký dolár. Z akciových titulov je najrizikovejšia držba akcií spoločnosti ČEZ. Slovenský akciový index je určený predovšetkým pre konzervatívneho investora. Trh s drahými kovmi zaznamenáva tradične zvýšenú volatilitu a jeho produkty sú v našom prípade spolu s akciami ČEZ-u najcitlivejšie na zmenu rozptylu portfólia. Túto citlivosť meriame beta koeficientom. Najmenej citlivé sú medzibankové sadzby BRIBOR.

Tab. 3.6 Čiastkové zložky VaR

Rizikový faktor	Podiel ( $x$ )	Smodch ( $\sigma$ )	V ( $\alpha \cdot \sigma$ )	Beta ( $\beta$ )
SKK/CZK	1040800,00	0,36773	0,60486	2,68E-08
SKK/EUR	1186115,00	0,34926	0,57448	2,78E-08
SKK/100JPY	839496,00	0,76983	1,26625	4,92E-08
SKK/100HUF	916370,00	0,43112	0,70913	1,93E-08
SKK/PLN	1397400,00	0,36307	0,59719	1,88E-08
SKK/CHF	960435,00	0,45652	0,75090	3,35E-08
SKK/USD	1115760,00	0,61091	1,00486	4,33E-08
SKK/GBP	1043073,00	0,45937	0,75559	3,3E-08
ČEZ akcie	975750,00	2,07990	3,42115	1,23E-07
DJ Euro Stoxx 50 index	1016670,00	1,10305	1,81436	3,5E-08
SAX index	1100000,00	0,77194	1,26972	1,66E-08
Zlato	929800,00	1,33178	2,19058	1,33E-07
Platina	883310,00	2,05266	3,37632	2,09E-07
Paládium	1046025,00	1,84074	3,02775	2,09E-07
1R IRS	-12084,43	0,40365	0,66394	1,17E-08
2R IRS	46192,27	0,39940	0,65695	1,25E-08
3R IRS	44398,57	0,38465	0,63269	1,21E-08
4R IRS	42625,33	0,37108	0,61037	1,2E-08
5R IRS	859711,79	0,34867	0,57351	1,04E-08
6M BRIBOR	-5114344,26	0,44273	0,72822	3,96E-09
12M BRIBOR	6061571,06	0,45876	0,75460	7,96E-09
<b>suma</b>	<b>16379074,33</b>	-	-	-

### 3.6 Overenie a zhodnotenie Value at Risk portfólia

Použitím vzorca (2.2) je vypočítaná absolútna VaR. Jej hodnota je na úrovni 90688,28 SKK a znamená, že v prípade zmien trhových podmienok potenciálna strata s 95 %-nou pravdepodobnosťou neprekročí túto hodnotu. Inak povedané, je iba päť možností zo sto, že nastane denná strata väčšia než 90688,28 SKK, ak sa zmení situácia na trhu. Potenciálna strata v nasledujúcom dni predstavuje 0,55 % z celkovej sumy investovaných peňažných prostriedkov. Absolútna VaR zohľadňuje efekt diverzifikácie. Z tohto dôvodu je

90688,28 SKK hodnota, ktorá najobjektívnejšie zohľadňuje budúcu potenciálnu stratu portfólia. Výslednú hodnotu zhodnú s absolútnou VaR dosiahneme i použitím čiastkovej VaR podľa (2.33), ktorá navyše určuje objem straty pre jednotlivé rizikové faktory. Aj z tohto dôvodu je v Tab. 3.7 znázornená čiastková VaR, ktorej suma je zhodná s absolútnou VaR. Všimnime si, že rizikový faktor 1R IRS reprezentujúci obligácie s fixným kupónom, ktorých budúce peňažné toky nastanú práve o rok, vykazuje dokonca mierny zisk na úrovni 12,77 SKK. Podobne aj rizikový faktor 6M BRIBOR reprezentujúci obligácie s plávajúcim kupónom, ktorých budúce peňažné toky nastanú práve o pol roka, zaznamenal zisk a to na úrovni 1855,87 SKK.

Percentuálne rozdelenie čiastkovej VaR definuje rizikovosť zložiek v portfóliu. Najväčší podiel na riziku majú drahé kovy spolu s akciami spoločnosti ČEZ. Najmenší podiel na riziku má držba finančných nástrojov podliehajúcich úrokovému riziku. Celkovo však môžeme konštatovať, že je zostavené portfólio málo rizikové.

Hodnota individuálnej VaR vypočítaná podľa (2.1) je na úrovni 226736,74 SKK. Predstavuje 1,38 %-ný podiel z celkového množstva investovaných peňažných prostriedkov. Individuálna VaR však nezohľadňuje účinky diverzifikácie, a preto ju nemôžeme považovať za relevantný nástroj odhadu rizika.

Efekt diverzifikácie potvrdzuje teoretické predpoklady o znížení rizika pridávaním cenných papierov do portfólia. Rovnako potvrdzuje, že individuálna VaR vždy dosahuje väčších hodnôt než absolútna VaR. Efekt diverzifikácie na úrovni 136048,45 SKK je teda rozdielom medzi absolútnou VaR portfólia a individuálnou VaR portfólia. Účinky diverzifikácie najviac vplývajú na rizikový faktor 12M BRIBOR a následne na všetky drahé kovy a všetky akciové tituly.

Hraničná VaR vypočítaná podľa (2.30) určuje citlivosť, s akou sa podieľajú jednotlivé aktíva na zmenách ziskov a strát voči celkovému portfóliu. Najcitlivejšie reagujú akcie spoločnosti ČEZ a všetky drahé kovy. Znamená to, že VaR portfólia je najviac závislá na vývoji týchto inštrumentov. Hraničná VaR úzko súvisí s čiastkovou VaR, ktorá je v konečnom dôsledku kvantitatívnym vyjadrením hraničnej VaR a definuje hraničnú VaR v peňažných jednotkách.

Tab. 3.7 Výsledné hodnoty v riziku

Finančný instrument	Čiastková VaR	Čiastková VaR (%)	Individuálna VaR	Efekt diverzifikácie (%)	Hraničná VaR
SKK/CZK	2529,1005	2,79%	6295,4193	-1,66%	0,0024
SKK/EUR	2986,1482	3,29%	6813,9563	-1,69%	0,0025
SKK/100JPY	3747,7857	4,13%	10630,1110	-3,04%	0,0045
SKK/100HUF	1606,5854	1,77%	6498,2636	-2,16%	0,0018
SKK/PLN	2384,5678	2,63%	8345,1384	-2,63%	0,0017
SKK/CHF	2921,7717	3,22%	7211,94872	-1,89%	0,0030
SKK/USD	4384,2496	4,83%	11211,8380	-3,01%	0,0039
SKK/GBP	3123,9293	3,44%	7881,3988	-2,10%	0,0030
ČEZ akcie	10862,8281	11,98%	33381,7562	-9,93%	0,0111
DJ Euro Stoxx 50 index	3226,1104	3,56%	18446,0200	-6,71%	0,0032
SAX index	1658,7834	1,83%	13966,9435	-5,43%	0,0015
Zlato	11204,3290	12,35%	20368,0296	-4,04%	0,0121
Platina	16744,8050	18,46%	29823,3889	-5,77%	0,0190
Paládium	19817,9030	21,85%	31671,0294	-5,23%	0,0189
1R IRS	-12,7712	-0,01%	-80,2337	0,03%	0,0011
2R IRS	52,2996	0,06%	303,4602	-0,11%	0,0011
3R IRS	48,8404	0,05%	280,9057	-0,10%	0,0011
4R IRS	46,2623	0,05%	260,1709	-0,09%	0,0011
5R IRS	813,8766	0,90%	4930,5006	-1,82%	0,0009
6M BRIBOR	-1835,8724	-2,02%	-37243,7637	15,62%	0,0004
12M BRIBOR	4376,7518	4,83%	45740,4547	-18,24%	0,0007
<b>suma</b>	<b>90688,28</b>	<b>100,00%</b>	<b>226736,74</b>	<b>-60,00%</b>	<b>-</b>

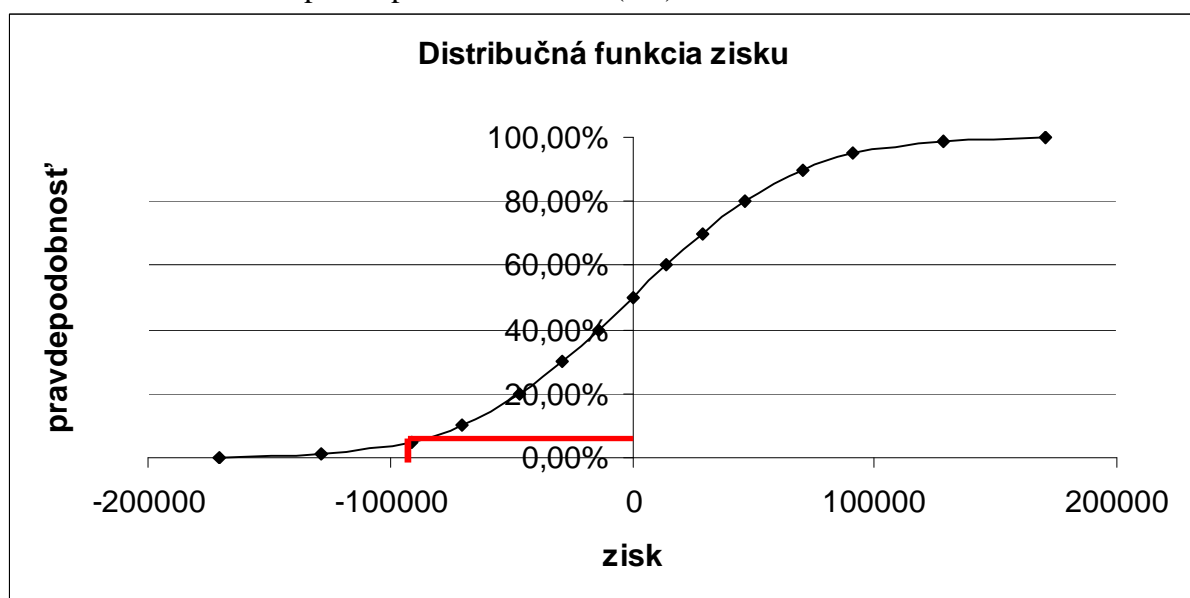
### 3.7 Rozdelenie pravdepodobnosti potenciálnych ziskov a strát portfólia

V Tab. 3.8 je znázornené rozdelenie predikovaných ziskov a strát portfólia na rôznych hladinách pravdepodobnosti. Rozlišujeme hustotu pravdepodobnosti (pdf) a kumulatívnu pravdepodobnosť (cdf), ktorá je znázornená v Obr. 3.16. Hodnota v riziku nami sledovaného portfólia aktív na zvolenej hladine pravdepodobnosti je znázornená na ose zisku červenou čiarou. Čím vyššiu hladinu pravdepodobnosti pri odhade VaR použijeme, tým presnejšiu hodnotu v riziku môžeme očakávať. Takmer nulová strata je dosiahnutá s 50%-nou pravdepodobnosťou.

Tab. 3.8 Prehľad potenciálnych ziskov/strát pre rôzne hladiny pravdepodobnosti

$\alpha$	$\Phi^{-1}(\alpha)$	Zisk	Strata (VaR)	Pravdepodobnosť	
				cdf	pdf
0,001	-3,0902	-170378,6036	170378,6036	0,10%	6,10704E-08
0,01	-2,3263	-128262,1703	128262,1703	1,00%	4,83402E-07
<b>0,05</b>	<b>-1,6449</b>	<b>-90688,2837</b>	<b>90688,2837</b>	5,00%	1,87062E-06
0,1	-1,2816	-70657,7838	70657,7838	10,00%	3,18309E-06
0,2	-0,8416	-46402,4178	46402,4178	20,00%	5,07779E-06
0,3	-0,5244	-28912,5924	28912,5924	30,00%	6,30626E-06
0,4	-0,2533	-13968,1815	13968,1815	40,00%	7,00727E-06
0,5	0,0000	-7,67549E-12	7,67549E-12	50,00%	7,23579E-06
0,6	0,2533	13968,1815	-13968,1815	60,00%	7,00727E-06
0,7	0,5244	28912,5924	-28912,5924	70,00%	6,30626E-06
0,8	0,8416	46402,4178	-46402,4178	80,00%	5,07779E-06
0,9	1,2816	70657,7838	-70657,7838	90,00%	3,18309E-06
0,95	1,6449	90688,2837	-90688,2837	95,00%	1,87062E-06
0,99	2,3263	128262,1703	-128262,1703	99,00%	4,83402E-07
0,999	3,0902	170378,6036	-170378,6036	99,90%	6,10704E-08

Obr. 3.16 Kumulatívna pravdepodobnosť zisku (cdf)



### 3.8 Návrh na odhad prírástkovej VaR

Prírástková VaR meria dopad zmeny hodnoty aktív na riziko portfólia. Predpokladajme zvýšenie hodnoty aktív podliehajúcich menovému, akciovému a komoditnému riziku paušálne o 10 %, viď Tab. 3.9. Použitím rovnice (2.35) určíme prírástok hodnoty v riziku, ktorý dosiahol 8719,8897 SKK. Prírástok hodnoty v riziku predstavuje 0,60 %-ný podiel na zvýšenej hodnote portfólia (144510,40 SKK). Môžeme konštatovať, že hodnota

investovaných peňažných prostriedkov má vplyv na výšku potenciálnych ziskov a strát, no jej miera na hodnotu rizika je takmer konštantná, vid' 0,55 %-ný podiel absolútnej VaR na celkovom objeme investície z podkapitoly 3.6.

Tab. 3.9 Stanovenie prírastkovej VaR

Rizikový faktor	Príspevok hodnoty portfólia (SKK)
SKK/CZK	104080,0
SKK/EUR	118611,5
SKK/100JPY	83949,6
SKK/100HUF	91637,0
SKK/PLN	139740,0
SKK/CHF	96043,5
SKK/USD	111576
SKK/GBP	104307,3
ČEZ akcie	97575,0
DJ Euro Stoxx 50 index	101667,0
SAX index	110000,0
Zlato	92980,0
platina	88331,0
paládium	104602,5
1R IRS	0
2R IRS	0
3R IRS	0
4R IRS	0
5R IRS	0
6M BRIBOR	0
12M BRIBOR	0
suma	1445100,40
<b>Prírastková VaR</b>	<b>8719,8897</b>

### 3.9 Záverečné zhrnutie

Odhad potenciálnej straty portfólia dosiahol úroveň 90688,28 SKK. Predstavuje 0,55 % z celkovej sumy investovaných peňažných prostriedkov. Najväčší podiel na riziku majú drahé kovy (zlato 12,35 %, platina 18,46 % a paládium dokonca 21,8 %). Viac ako 10 % podiel na riziku majú aj akcie spoločnosti ČEZ. Najmenej riziková je držba finančných nástrojov podliehajúcich úrokovému riziku. Rizikový faktor 1R IRS vykazuje dokonca mierny zisk na úrovni 12,77 SKK. Podobne aj rizikový faktor 6M BRIBOR zaznamenal zisk a to na úrovni 1855,87 SKK. Bez zohľadnenia účinkov diverzifikácie by hodnota v riziku dosiahla 226736,74 SKK, čo predstavuje 1,38 %-ný podiel z celkového množstva investovaných peňažných prostriedkov. Efekt diverzifikácie na úrovni 136048,45 SKK však predstavuje 60 %-ný pokles oproti odhadu individuálnej VaR. Na účinky diverzifikácie najviac vplyvajú rizikový faktor 12M BRIBOR (-18,24 %) a všetky drahé kovy spolu s akciovými titulmi. Rizikový faktor 6M BRIBOR naopak po zohľadnení efektu diverzifikácie stratil 15,62 %. V tomto prípade ide o zníženie zisku. Na záver môžeme konštatovať, že zostavené portfólio nepredstavuje hrozbu vysokých strát, no pri riadení rizika by mala byť venovaná zvýšená pozornosť držbe akcií spoločnosti ČEZ a predovšetkým držbe drahých kovov.



## ZÁVER

Diplomová práca bola rozdelená na teoretickú a aplikačnú časť. Teoretická časť bola rozdelená na dve samostatné kapitoly.

Obsahom prvej kapitoly bola charakteristika rizika a produktov podliehajúcich trhovému riziku. Ďalej boli vysvetlené dôvody vytvárania portfólií. Na záver prvej kapitoly bola vysvetlená a popísaná metodológia Value at Risk.

V druhej kapitole bol popísaný postup výpočtu Value at Risk delta-normal metódou. Rovnako bolo vysvetlené mapovanie rizika potrebné pre určenie súčasnej hodnoty aktív podliehajúcich úrokovému riziku. Súčasťou druhej kapitoly bola analýza nepodmieneného odhadu a EWMA metódy vykonaná na vybraných aktívach, ktorej cieľom bolo zvoliť vhodný spôsob pre odhad rozptylu aktív a ich kovariancií. Teoreticky bola vysvetlená Boot Strapping metóda na odhad spotových výnosov. V závere druhej kapitoly boli vysvetlené a popísané doplnkové formy odhadu VaR, ktorých úlohou bolo podrobnejšie definovať hodnotu v riziku.

V aplikačnej časti bol realizovaný výpočet hodnoty v riziku na portfóliu skladajúceho sa z vybraných zahraničných mien, akciových titulov, drahých kovov, obligácií a lineárnych derivátov typického pre bankové inštitúcie. Pre výpočet bola použitá delta-normal metóda založená na predpoklade normálne rozdeleného vývoja finančných inštrumentov. Rizikovými faktormi boli výnosy zahraničných mien, akciových titulov, drahých kovov, slovenské IRS sadzby a medzibankové BRIBOR sadzby pre rôzne doby do splatnosti. Ukázalo sa, že celková hodnota v riziku dosiahla 90688,28 SKK. Táto hodnota bola následne podrobená analýze doplnkovými odhadmi VaR. Podrobné výsledky sú prezentované v kapitole 3.6. Z analýzy vyplynulo, že najrizikovejšie a najcitlivejšie na zmeny ziskov a strát portfólia boli všetky drahé kovy spolu s akciami spoločnosti ČEZ. Odporúčame preto venovať zvýšenú pozornosť držbe týchto finančných inštrumentov.

Problematiku môžeme upraviť o reinvestície kupónových výplat, o stanovenie minimálneho podielu každého aktíva v portfóliu či rozšírenie portfólia o ďalšie finančné inštrumenty.

## ZOZNAM POUŽITÉJ LITERATURY

### a) knihy

HOLTON, G., A. *Value-at-Risk: Theory and Practice*. San Diego: Academic Press, 2003. 405 s. ISBN 0-12-354010-0.

JÍLEK, J. *Finanční rizika, 1. vydání*. Praha: Grada Publishing, 2000. 635 s. ISBN 80-7169-579-3.

JORION, P. *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York: McGraw-Hill, 2001. 544 s. ISBN 0-07-135502-2.

POLÁCH, J. *Kapitálové trhy*. Ostrava: Audit Morava, 2002. 380 s. ISBN 80-278-0134-5.

TEPPER, T., KÁPL, M. *Peníze a vy*. Praha: Prospektum, 1991. 326 s. ISBN 80-85431-19-X.

ZMEŠKAL, Z. a kolektiv. *Finanční modely, 2. vydání*. Praha: Ekopress, 2004. 236 s. ISBN 80-86119-87-4.

ZMEŠKAL, Z., ČULÍK, M., TICHÝ, T. *Finanční rozhodování za rizika. 2. vyd.* Ostrava: VŠB – TUO 2005. 152 s. ISBN 80-248-0840-4.

### b) elektronické dokumenty

NĚMEČEK, R. Co je to akcie?, 27.3.2002 [cit. 2007-04-16]. Dostupné na World Wide Web:

<<http://www.mesec.cz/clanky/co-je-to-akcie/>>

NĚMEČEK, R. Co je to obligace?, 13.3.2002 [cit. 2007-04-16]. Dostupné na World Wide

Web: <<http://www.mesec.cz/clanky/co-je-to-obligace/>>

**c) internet**

[www.xtb.cz](http://www.xtb.cz)

[www.penize.cz](http://www.penize.cz)

[www.kurzy.cz](http://www.kurzy.cz)

[www.nbs.sk](http://www.nbs.sk)

[www.bcpb.sk](http://www.bcpb.sk)

[www.stocktrading.cz](http://www.stocktrading.cz)

[www.reuters.com](http://www.reuters.com)

## ZOZNAM SKRATIEK

BCPB	Burza cenných papierov Bratislava
BCPP	Burza cenných papírů Praha
BRIBOR	Bratislava Interbank Offer Rate (Slovenská medzibanková sadzba)
CBOT	Chicago Board of Trade (Chicagská obchodná komora)
cdf	Kumulatívna pravdepodobnosť
CF	Cash Flow (Peňažný tok)
CME	Chicago Mercantile Exchange (Chicagská obchodná burza )
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average (Exponenciálne vážený kľzavý priemer)
FRA	Forward Rate Agreement (Úrokový forwardový kontrakt)
FRN	Floating Rate Note (Obligácia s plávajúcim kupónom)
GARCH	General Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Zobecnená autoregresívna podmienená heteroskedasticita)
G-30	Group of 30 (Skupina 30 spoločností)
IRS	Interest Rate Swap (Úrokový swap)
M-V model	Mean-Variance Model (Model založený na strednej hodnote a rozptyle)
NBS	Národná banka Slovenska
OTC	Over The Counter (Obchodovanie cez prepážku)
pdf	Hustota pravdepodobnosti
RMSE	Root Mean Square Error (Chyba strednej kvadratickej hodnoty)
SPAD	Systém pre podporu trhu akcií a dlhopisov
VaR	Value at Risk (Hodnota v riziku)

## ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obr. 1.1 Swap rozložený na radu forwardov
- Obr. 1.2 Efekt diverzifikácie portfólia
- Obr. 1.3 Aztécka bezpečnostná pyramída
- Obr. 2.1 Cash flow obligácie s fixným kupónom
- Obr. 2.2 Cash flow obligácie s plávajúcim kupónom
- Obr. 2.3 Cash flow úrokového swapu
- Obr. 2.4 Cash flow úrokového forwardového kontraktu
- Obr. 3.1 Vývoj kurzu SKK/CZK
- Obr. 3.2 Vývoj kurzu SKK/EUR
- Obr. 3.3 Vývoj kurzu SKK/100 JPY
- Obr. 3.4 Vývoj kurzu SKK/100 HUF
- Obr. 3.5 Vývoj kurzu SKK/PLN
- Obr. 3.6 Vývoj kurzu SKK/CHF
- Obr. 3.7 Vývoj kurzu SKK/USD
- Obr. 3.8 Vývoj kurzu SKK/GBP
- Obr. 3.9 Vývoj cien vybraných akciových titulov
- Obr. 3.10 Vývoj cien vybraných komodít
- Obr. 3.11 Vývoj mesačných logaritmických výnosov akciových titulov
- Obr. 3.12 Vývoj mesačných logaritmických výnosov drahých kovov
- Obr. 3.13 Vývoj mesačných logaritmických výnosov zahraničných mien
- Obr. 3.14 Vývoj jednodenných slovenských IRS sadzieb
- Obr. 3.15 Vývoj jednodenných BRIBOR sadzieb
- Obr. 3.16 Kumulatívna pravdepodobnosť zisku (cdf)

## **ZOZNAM TABULIEK**

- Tab. 1.1 Porovnanie forwardových kontraktov a futures
- Tab. 2.1 Výpočet vybraných parametrov použitím modulu v Exceli
- Tab. 2.2 Odhad rozptylu
- Tab. 2.3 Odhad kovariancie
- Tab. 2.4 Analýza rozptylu
- Tab. 2.5 Analýza kovariancie
- Tab. 2.6 Hodnota decay faktoru pri odhade rozptylu
- Tab. 2.7 Hodnota decay faktoru pri odhade kovariancie
- Tab. 3.1 Zloženie portfólia aktív
- Tab. 3.2 Štatistika vývoja kurzov zahraničných mien, cien akciových titulov a komodít
- Tab. 3.3 Charakteristika štátnych dlhopisov s kupónom
- Tab. 3.4 Rozloženie úrokového forwardového kontraktu (FRA) a úrokového swapu (IRS)
- Tab. 3.5 Štruktúra súčasných hodnôt rizikových faktorov transformovaného portfólia
- Tab. 3.6 Čiastkové zložky VaR
- Tab. 3.7 Výsledné hodnoty v riziku
- Tab. 3.8 Prehľad potenciálnych ziskov/strát pre rôzne hladiny pravdepodobnosti
- Tab. 3.9 Stanovenie prírastkovej VaR

## PROHLÁŠENÍ O VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 25. dubna 2008

.....  
jméno a příjmení studenta

Adresa trvalého pobytu studenta:

Okružná 1101/4, 014 01 Bytča, SR

## **ZOZNAM PRÍLOH**

Príloha 1 Kovariančná matica vybraných rizikových faktorov, časť A

Príloha 1 Kovariančná matica vybraných rizikových faktorov, časť B

Príloha 1 Kovariančná matica vybraných rizikových faktorov, časť C



## PRÍLOHY

Príloha 1 Kovariančná matica vybraných rizikových faktorov, časť A

Rizikový faktor	SKK/CZK	SKK/EUR	SKK/100JPY	SKK/100HUF	SKK/PLN	SKK/CHF
SKK/CZK	0,135226	0,086753	0,167601	0,027277	0,052964	0,109629
SKK/EUR	0,086753	0,121981	0,168980	0,017390	0,035118	0,137075
SKK/100JPY	0,167601	0,168980	0,592630	-0,015430	0,037733	0,257527
SKK/100HUF	0,027277	0,017390	-0,015430	0,185865	0,096856	0,004372
SKK/PLN	0,052964	0,035118	0,037733	0,096856	0,131817	0,030995
SKK/CHF	0,109629	0,137075	0,257527	0,004372	0,030995	0,208408
SKK/USD	0,110589	0,145767	0,296306	0,009714	0,028227	0,152007
SKK/GBP	0,085767	0,118977	0,180074	0,025204	0,043443	0,133586
ČEZ akcie	-0,038630	-0,057000	-0,258010	0,050771	0,039634	-0,089140
DJ Euro Stoxx 50 index	-0,025280	-0,030410	-0,041400	-0,028510	-0,001350	-0,026320
SAX index	0,013706	0,015211	-0,003610	0,000474	-0,018370	0,012917
Zlato	-0,007360	-0,015960	-0,011020	0,046821	0,011477	-0,016060
Platina	0,044155	0,023227	0,116746	0,052805	-0,003770	0,047646
Paládium	0,017087	0,030594	0,017624	0,085857	0,023978	0,027302
1R IRS	-0,003380	-0,001180	-0,003390	-0,004170	-0,001830	-0,001940
2R IRS	-0,000600	0,001138	-0,004540	-0,006690	-0,000400	-0,001180
3R IRS	0,001398	0,002738	-0,003070	-0,006590	0,001610	0,000108
4R IRS	0,002748	0,004232	-0,001360	-0,007990	0,001858	0,001976
5R IRS	0,003462	0,005178	-0,000270	-0,007190	0,003474	0,002948
6M BRIBOR	-0,010060	-0,011420	-0,013480	0,006624	-0,005510	-0,011780
12M BRIBOR	-0,007150	-0,007830	-0,010250	0,007340	-0,002770	-0,008020

Príloha 1 Kovariančná matica vybraných rizikových faktorov, časť B

Rizikový faktor	SKK/GBP	ČEZ	DJ Euro Stoxx 50 index	SAX index	Zlato	Platina	Paládium
SKK/CZK	0,085767	-0,038630	-0,025280	0,013706	-0,007360	0,044155	0,017087
SKK/EUR	0,118977	-0,057000	-0,030410	0,015211	-0,015960	0,023227	0,030594
SKK/100JPY	0,180074	-0,258010	-0,041400	-0,003610	-0,011020	0,116746	0,017624
SKK/100HUF	0,025204	0,050771	-0,028510	0,000474	0,046821	0,052805	0,085857
SKK/PLN	0,043443	0,039634	-0,001350	-0,018370	0,011477	-0,003770	0,023978
SKK/CHF	0,133586	-0,089140	-0,026320	0,012917	-0,016060	0,047646	0,027302
SKK/USD	0,186275	-0,132280	-0,010300	0,037207	-0,007430	0,010081	0,052205
SKK/GBP	0,211020	-0,058380	-0,031670	0,012114	-0,042190	0,047245	0,018946
ČEZ akcie	-0,058380	4,326002	0,127672	-0,010580	-0,063530	0,047780	-0,072760
DJ Euro Stoxx 50 index	-0,031670	0,127672	1,216720	-0,024280	0,039936	-0,092080	-0,026990
SAX index	0,012114	-0,010580	-0,024280	0,595886	-0,067130	-0,065270	-0,050290
Zlato	-0,042190	-0,063530	0,039936	-0,067130	1,773636	1,066789	1,539159
Platina	0,047245	0,047780	-0,092080	-0,065270	1,066789	4,213405	1,472814
Paládium	0,018946	-0,072760	-0,026990	-0,050290	1,539159	1,472814	3,388330
1R IRS	0,004325	0,009831	0,006182	-0,003590	-0,006030	-0,030550	-0,012750
2R IRS	0,005637	-0,002470	0,008138	-0,005640	-0,002270	-0,023520	-0,008100
3R IRS	0,007030	0,002493	0,007264	-0,006540	-0,002740	-0,022920	-0,008600
4R IRS	0,008092	-9,10E-05	0,007012	-0,006820	0,001519	-0,013660	-0,006280
5R IRS	0,007614	-0,000950	0,004594	-0,007420	-0,000400	-0,023820	-0,012290
6M BRIBOR	-0,005700	0,027841	0,010384	0,013086	-0,028020	-0,037840	-0,037640
12M BRIBOR	-0,000120	0,023973	0,007325	0,010095	-0,027270	-0,045020	-0,039330

Príloha 1 Kovariančná matica vybraných rizikových faktorov, časť C

Rizikový faktor	1R IRS	2R IRS	3R IRS	4R IRS	5R IRS	6M BRIBOR	12M BRIBOR
SKK/CZK	-0,00338	-0,00060	0,00140	0,00275	0,00346	-0,01006	-0,00715
SKK/EUR	-0,00118	0,00114	0,00274	0,00423	0,00518	-0,01142	-0,00783
SKK/100JPY	-0,00339	-0,00454	-0,00307	-0,00136	-0,00027	-0,01348	-0,01025
SKK/100HUF	-0,00417	-0,00669	-0,00659	-0,00799	-0,00719	0,00662	0,00734
SKK/PLN	-0,00183	-0,00040	0,00161	0,00186	0,00347	-0,00551	-0,00277
SKK/CHF	-0,00194	-0,00118	0,00011	0,00198	0,00295	-0,01178	-0,00802
SKK/USD	0,00423	0,00510	0,00640	0,00790	0,00906	-0,01012	-0,00710
SKK/GBP	0,00433	0,00564	0,00703	0,00809	0,00761	-0,00570	-0,00012
ČEZ akcie	0,00983	-0,00247	0,00249	-9,10E-05	-0,00095	0,02784	0,02397
DJ Euro Stoxx 50 index	0,00618	0,00814	0,00726	0,00701	0,00459	0,01038	0,00733
SAX index	-0,00359	-0,00564	-0,00654	-0,00682	-0,00742	0,01309	0,01010
Zlato	-0,00603	-0,00227	-0,00274	0,00152	-0,00040	-0,02802	-0,02727
Platina	-0,03055	-0,02352	-0,02292	-0,01366	-0,02382	-0,03784	-0,04502
Paládium	-0,01275	-0,00810	-0,00860	-0,00628	-0,01230	-0,03764	-0,03933
1R IRS	0,16293	0,15145	0,13682	0,12559	0,11181	0,11579	0,14429
2R IRS	0,15145	0,15952	0,15107	0,14270	0,13015	0,08381	0,11697
3R IRS	0,13682	0,15107	0,14796	0,14167	0,13105	0,06576	0,09746
4R IRS	0,12559	0,14270	0,14167	0,13770	0,12832	0,05353	0,08356
5R IRS	0,11181	0,13015	0,13105	0,12832	0,12157	0,04376	0,07105
6M BRIBOR	0,11579	0,08381	0,06576	0,05353	0,04376	0,19601	0,19627
12M BRIBOR	0,14429	0,11670	0,09746	0,08357	0,07105	0,19627	0,21046